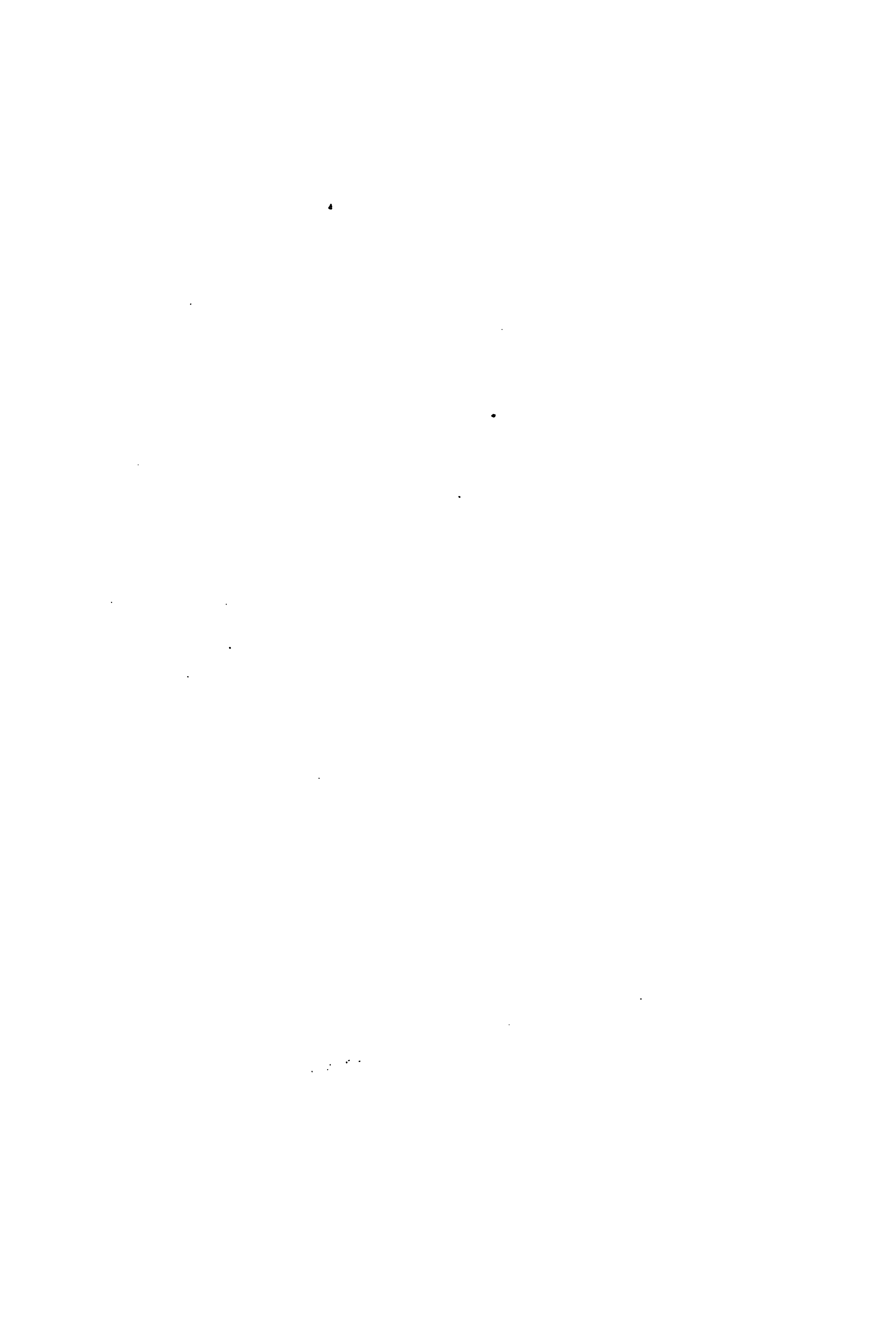
Adolf Mayer

Agrikulturchemie

II. Bd. 2. Abtl. 5. Auflage

Heidelberg 1902

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung



Lehrbuch

der

Agrikulturchemie

in Vorlesungen

von

Dr. Adolf Mayer

Mit in den Text gedruckten Abbildungen und einer lithographierten Tafel

---

Fünfte verbesserte Auflage

Zweiter Band

Zweite Abteilung

Die Düngerlehre

* * * * * * Heidelberg 1902 * * * * * *
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Die

Düngerlehre

in sechzehn Vorlesungen

Zum Gebrauch an Universitäten
und höheren landwirtschaftlichen Lehranstalten
sowie zum Selbststudium

von

Dr. Adolf Mayer

Professor und Vorstand der Holländischen Reichsversuchsstation in Wageningen

Mit in den Text gedruckten Abbildungen

Fünfte verbesserte Auflage



* * * * * * Heidelberg 1902 * * * * * *
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Inhaltsverzeichnis

der zweiten Abteilung des zweiten Bandes.

Die Düngerlehre.

Erste Vorlesung, p. 3—16.

Die Düngung. Einleitung. — Die Entstehung dieser wirtschaftlichen Maßregel. — Was sind natürliche Düngemittel?

Zweite Vorlesung, p. 17—32.

Die Düngung. Natürliche und sogenannte künstliche Düngemittel. — Übersicht über die verschiedenen Düngemittel. — *Der Stalldünger.* Die Exkremente.

Dritte Vorlesung, p. 33—48.

Der Stalldünger. Die Einstreu. — Berechnung der Zusammensetzung des Stalldüngers.

Vierte Vorlesung, p. 49—65.

Der Stalldünger. Die natürliche Veränderung desselben. — Seine Konservierung. — Die Jauche.

Fünfte Vorlesung, p. 66—81.

Der Stalldünger (Schluß). Gebrauch der verschiedenen Mistarten. — Das Nährstoffdefizit bei ausschließlicher Verwendung des Stallmistes.

Sechste Vorlesung, p. 82—97.

Die menschlichen Auswurfstoffe. Deren Bedeutung als Düngemittel. — Städtereinigung und Poudrettefabrikation.

Siebente Vorlesung, p. 98—112.

Weitere der Landwirtschaft entstammende Düngemittel. Die Knochenpräparate. — Andere Abfallstoffe. — Die Gründüngung. — Das Moorbrennen.

Achte Vorlesung, p. 113—127.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. Düngemittel [illegible] Ursprungs. — Solche von tierischem Ursprunge.

Inhaltsverzeichnis

der zweiten Abteilung des zweiten Bandes.

Die Düngerlehre.

Erste Vorlesung, p. 3—16.

Die Düngung. Einleitung. — Die Entstehung dieser wirtschaftlichen Maßregel. — Was sind natürliche Düngemittel?

Zweite Vorlesung, p. 17—32.

Die Düngung. Natürliche und sogenannte künstliche Düngemittel. — Übersicht über die verschiedenen Düngemittel. — *Der Stalldünger.* Die Exkremente.

Dritte Vorlesung, p. 33—48.

Der Stalldünger. Die Einstreu. — Berechnung der Zusammensetzung des Stalldüngers.

Vierte Vorlesung, p. 49—65.

Der Stalldünger. Die natürliche Veränderung desselben. — Seine Konservierung. — Die Jauche.

Fünfte Vorlesung, p. 66—81.

Der Stalldünger (Schluß). Gebrauch der verschiedenen Mistarten. — Das Nährstoffdefizit bei ausschließlicher Verwendung des Stallmistes.

Sechste Vorlesung, p. 82—97.

Die menschlichen Auswurfstoffe. Deren Bedeutung als Düngemittel. — Städtereinigung und Poudrettefabrikation.

Siebente Vorlesung, p. 98—112.

Weitere der Landwirtschaft entstammende Düngemittel. Die Knochenpräparate. — Andere Abfallstoffe. — Die Gründüngung. — Das Moorbrennen.

Achte Vorlesung, p. 113—127.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. Düngemittel pflanzlichen Ursprungs. — Solche von tierischem Ursprunge.

Neunte Vorlesung, p. 128—141

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. Die phosphorsäurehaltigen Spezialdünger. — Die Superphosphate. — Das Thomasphosphat.

Zehnte Vorlesung, p. 142—157.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. Die stickstoffhaltigen Spezialdünger. — Der Chilisalpeter. — Das Ammoniumsulfat.

Elfte Vorlesung, p. 158—173.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. Die Kalidünger. — Die Staßfurter Roh- und gereinigten Salze. — Der Martellin.

Zwölfte Vorlesung, p. 174—186.

Düngergemische und erdartige Düngestoffe. Gemische von künstlichen Düngemitteln. — Erdartige Düngestoffe. — Berieselung.

Dreizehnte Vorlesung, p. 187—201.

Die indirekt wirkenden Düngemittel. Erläuterung von indirekt düngenden Wirkungen. — Der Gips. — Der Kalk und der Mergel. — Der Gaskalk.

Vierzehnte Vorlesung, p. 202—221.

Düngungsversuche. Vegetationsversuche. — Agrikulturchemische und praktische Düngungsversuche. — Beispiele der beiden letzteren. — Demonstrationsversuche.

Fünfzehnte Vorlesung, p. 222—235.

Die Düngung vom wirtschaftlichen Standpunkte aus. Die wirtschaftlichen Faktoren des Pflanzenbaus und ihre Zerlegung. — Der Begriff Düngerkapital und die wirtschaftlichen Gesetze seiner Verwendung.

Sechzehnte Vorlesung, p. 236—253.

Die Düngung vom wirtschaftlichen Standpunkte aus. Die Rentabilität der Düngung. — Prüfung des Raubbaus auf seine Gefährlichkeit. — Gefahren der Ersatzlehre. — Ableitung von brauchbaren Düngungsregeln. — Schluß.

Druckfehler.

I. Band p. 213 Z. 22 v. o. müßte stehen „vermögen“ statt „vermögend“.



Zweiter Abschnitt.

Die Düngerlehre.

Erste Vorlesung.

Die Düngung. — Einleitung. — Was sind natürliche Düngemittel?

Durch das Studium der Pflanzenernährung gelangt man in den Besitz der Kenntnisse der Bedingungen, welche der vegetabilische Organismus an seine Umgebung stellt.

Bei den üblichen Betrachtungen über die Eigenschaften der Ackererde dem Pflanzenwachstum gegenüber lernt man die natürlichen Momente kennen, durch deren Zusammenwirken jene Eigenschaften auf einem von Menschenhand noch unveränderten Boden wesentlich bestimmt werden. Die letzteren Momente lassen sich definieren als *die ursprüngliche geognostische Beschaffenheit der mineralischen Grundlage der Ackererde, der Grad und die Richtung ihrer chemischen Veränderung, die mechanische Trennung der verschiedenen Verwitterungsprodukte in der Hauptsache durch den Schlämmprozeß* und endlich *die Einwirkung des Pflanzenwuchses selber.*

Es kann uns indessen nicht verborgen bleiben, daß für einen kultivierten Boden noch ein neues Moment hinzutritt, von dessen Wirksamkeit die Fruchtbarkeit eines solchen Bodens ebenso abhängen muß wie von der der übrigen Momente. Wenn in einem Urwald oder sonst auf einem unbebauten Stück Land eine Pflanzengeneration der andern folgt, so ist beim Aufblühen der einen die alte immer noch in ihren Trümmern vorhanden. Die neu sich entfaltende Vegetation findet in diesen Trümmern eine reichhaltige und in der Regel zweckmäßige Nahrung vor; sie befindet sich sogar meist unter günstigeren Ernährungsbedingungen als ihre Vorgängerin, namentlich wenn diese von einem noch unbewohnten Boden Besitz ergreifen mußte. Der Praktiker braucht sich nur an die Erfolge der Gründüngung zu erinnern, um eine Illustration hierzu vor Augen zu haben. Die Gründe für die Erscheinung wurden schon in der landwirtschaftlichen Bodenkunde genugsam dargelegt*).

Um indessen einen deutlicheren Begriff davon zu erhalten, was durch den systematischen Eingriff des Menschen in diese natürlichen Verhältnisse an Fruchtbarkeitsbedingungen verändert wird, müssen wir uns wieder klar zu machen versuchen, was eigentlich durch die Ansammlung von Pflanzenresten in Bezug auf die einzelnen Fruchtbarkeitsfaktoren geschieht; denn die *erste Veränderung,* die sich mit dem beginnenden Ackerbau einstellt, besteht ja eben in der *Wegführung* eines Teils dieser Pflanzensubstanz, welche dem natürlichen Lauf der Dinge nach auf den Feldern verblieben wäre. Wir werden uns dies, im Besitze der vorausgesetzten Kenntnisse, leicht mit einigen Worten ins Gedächtnis zurückrufen können.

*) Siehe die vierte Vorlesung des ersten Abschnitts des II. Bandes dieses Lehrbuchs, p. 61 u. f.

Jene Einwirkung des Pflanzenwuchses auf den Boden besteht wesentlich in der Einverleibung von verwesenden Substanzen; die chemischen und physikalischen Vorteile dieses Vorgangs für die Ackererde sind in der Bodenkunde eingehender beleuchtet worden. Ich erinnere nur an die reichlichere Quelle von gebundenem Stickstoff und von Kohlensäure, welche in einem mit Pflanzenresten durchdrungenen Boden vorhanden ist.

In Bezug auf die Aschenbestandteile besteht dagegen die ganze Veränderung in einer Konzentrierung an der Bodenfläche und einer Überführung derselben in im allgemeinen zugänglichere Formen. *Die absolute Menge* der auf einem Grundstück bis in größere Tiefen vorhandenen Aschenbestandteile bleibt dagegen, von den in der Regel nicht sehr ausgiebigen Auswaschungsprozessen*) abgesehen, auch bei der reichhaltigsten und jahrhundertelang währenden natürlichen Vegetation ziemlich *ungeändert*. Wir haben auch Ursache anzunehmen, daß der durch die Atmosphäre zugeführte, teilweise aus dem Weltmeer, teilweise aus vulkanischen Eruptionen stammende mineralische Staub für diese Verhältnisse kaum in Betracht komme; denn sonst wäre die Unfruchtbarkeit der meisten Heideländereien einfach unbegreiflich.

Wenn wir also Boden und darauf befindliche Vegetation als ein Ganzes betrachten, so können wir sagen, daß überall dort, wo nicht wie in unserem landwirtschaftlichen Betriebe systematisch Ernten entnommen werden, *die Summe derjenigen pflanzlichen Nährstoffe*, deren Umtrieb nicht durch die Atmosphäre besorgt wird, *auf einer und derselben Grundfläche dieselbe bleiben wird*, wenn auch deren Anordnung vielfach eine andere und vielleicht manchmal für den Pflanzenwuchs günstigere wird, und hierin namentlich die Thätigkeit tiefwurzelnder Gewächse außerordentliches zu leisten vermag. Hieraus folgt nun der unserer Erfahrung sehr geläufige Satz, daß ein mit Pflanzen bestandener Boden, welcher von der Menschenhand unberührt bleibt, häufig auch in ewigen Zeiten nichts an seiner Befähigung, der Vegetation zu dienen, einbüßt, vielmehr bis zu einem gewissen Grade von Jahr zu Jahr fruchtbarer wird, wenn nicht sonst zufällige Hindernisse, wie Versumpfung des Terrains, Verdichtung der Krume**) oder eine starke Veränderung der Neigung der Bodenfläche, störend eingreifen.

Ganz anders gestaltet sich aber diese Sachlage, wenn der Mensch, welcher von allen Geschöpfen allein eine regelmäßige Ernte vornimmt, Jahr für Jahr den Boden eines Teils seines Erträgnisses beraubt. Durch diesen Eingriff wird natürlich der Boden (mit den ihm angehörigen Pflanzen und Pflanzenresten zusammen als ein Ganzes betrachtet) um die Bestandteile der entnommenen Erntemassen ärmer; und wenn wir diesen Verlust auf einzelne Faktoren der Bodenfruchtbarkeit zu verteilen suchen, so müssen wir sagen, daß durch die Ernteentnahme zumal die Stickstoffquelle für eine neue Vegetation, sowie einige günstigen physikalischen Eigenschaften vermindert werden, und daß ein Gleiches für die Aschenbestandteile unausbleiblich ist.

Doch findet hier ein beachtenswerter Unterschied statt. Organische Substanz und Stickstoff sind dem ursprünglichen Boden als solchem nicht oder (was den Stickstoff angeht) nur in sehr geringen Mengen eigentümlich und werden erst durch die Vegetation in demselben angehäuft; der letztgenannte Körper ist im weitesten Sinne

*) Von der allerdings bedeutenden Kalkauswaschung können wir an dieser Stelle schweigen, weil sie keinen der ökonomisch wertvollsten Nährstoffe betrifft.

**) Vergl. O. Pitsch: Die Theorie der Bodenbearbeitung etc., p. 87.

des Wortes wie Kohlenstoff ein atmosphärisches Nahrungsmittel der Pflanze. Seine Ansammlung im Boden ist daher absolut, und würde alles einmal Niedergelegte immer wieder ausschließlich zu neuer Produktion dienen, so würde die Bereicherung an diesem Nährstoffe eine dauernde sein, wie dies im Moorboden auch wirklich beobachtet wird. Es läßt sich daher in Bezug auf den Stickstoff eine regelmäßige Ernteentnahme denken, welche die Fruchtbarkeit des Bodens nicht beeinträchtigte: nämlich unter der Annahme, daß es sich um eine Fruchtfolge mit vielen, den freien Stickstoff der Luft benutzenden schmetterlingsblütigen Gewächsen handelt, oder auch der freilich nur für ganz extensive Bewirtschaftungsmethoden zutreffenden Voraussetzung, daß die Entnahme an jenem Stoffe durch die Ernte nicht größer sei als der periodische Zufluß an denselben aus der Atmosphäre.

Nicht so bei den Aschenbestandteilen. — Für diese tritt durch den Akt der Entnahme von Ernten eine *absolute Verminderung* ein; es giebt für dieselben keine andere natürliche Quelle als der Boden, und dieser ist, als Ganzes betrachtet, durch jenen Vorgang an ihnen verarmt. Diese Sachlage kann zwar lange verhüllt bleiben, wenn der Boden ursprünglich reich an mineralischen Nährstoffen war und wenn eine Konzentration dieser Bestandteile in den obersten Bodenschichten durch tiefwurzelnde Gewächse veranlaßt wird, — allein sie strebt unabänderlich einem und demselben Ziele zu, das ferne, aber unverrückbar dasteht, der *völligen Verarmung des Bodens an unentbehrlichen Aschenbestandteilen* *).

Für die sogenannten atmosphärischen wie für die mineralischen Pflanzennährstoffe können wir aber in gleicher Weise behaupten, daß die einseitige Entnahme

*) Auf diese bemerkenswerte Verschiedenheit des Verhaltens der einzelnen in den Pflanzenresten enthaltenen Fruchtbarkeitsfaktoren läßt sich der für die Praxis der Düngerwirtschaft gefährliche Satz Liebigs (Grundsätze der Agrik.-Chem., 1855, p. 57; Die Chemie etc., 1862, Einleitung p. 37 u. a. vielen anderen Orten. Ähnliches auch in den Schriften seiner Anhänger; vergl. v. Seilern: Pflanzenernährungslehre, p. 66, 238 u. a. m.) zurückführen, der in so vielen Variationen ausgesprochen wurde: Die atmosphärischen Bestandteile des Bodens demselben nach der Ernte wiederzugeben, sei keine Sache des Ersatzes, sondern bloß eine Maßregel zur Erlangung höchster Bodenerträge; stickstoffhaltige Dünger wirkten nur *beschleunigend* auf die Erträgnisse und nicht auf deren Höhe im ganzen ein, der Hauptvorteil bei ihrer Anwendung sei Zeitgewinn und dergleichen mehr. Alle diese Sätze, welche einen so befremdenden Unterschied zwischen den Pflanzennahrungsmitteln verschiedenen Ursprungs auch hinsichtlich der Art ihrer Wirksamkeit zu machen sich bestreben, schmelzen bei näherer Besichtigung zu dem oben Ausgeführten zusammen. Dieselben werden erst in ihrer Form verständlich, wenn man sich durch fortgesetztes Wegführen von Pflanzensubstanz einen Boden gänzlich an Mineralstoffen verarmt denkt, wo ihm dann allerdings eine zwar spärliche, aber doch nie versiegende Quelle von sogenannten atmosphärischen Nahrungsmitteln zur Verfügung steht. Da aber diese Grenze in der praktischen Landwirtschaft so gut wie niemals erreicht wird, so erhält jener Unterschied keine praktische Bedeutung und die Liebigsche Ausdrucksweise ist als unpräzise und zweideutig zu vermeiden. — Daß in der neuesten Zeit das Studium der Ernährung der Leguminosen bis zu einem gewissen Grade auf die Liebigsche Auffassung des Stickstoffs als atmosphärischen Nahrungsmittels zurückführt, kann nur von durch ihre Begeisterung für den Reformator der Agrikulturchemie verblendeten Jüngern als eine notwendige Erfüllung der ursprünglichen Lehre angesehen werden; denn die Hellriegelsche Entdeckung der Lehre von Liebig einzufügen heißt diesem geradezu divinatorische Gaben zuschreiben.

von Pflanzenprodukten für ein von Menschen okkupiertes Grundstück eine Verminderung und außerdem (wie aus den früher geschilderten weiteren Vorteilen der Einverleibung von Pflanzensubstanz ersichtlich ist) eine Verschlechterung mancher Bodeneigenschaften veranlassen muß, daß somit ein lange bebautes Grundstück, dem man nur Ernten entzieht, notwendig unfruchtbarer werden muß, wenn es auch ganz von spezifischen klimatischen und Bodeneigenschaften abhängig sein wird, ob dies Resultat nach einigen Ernten oder erst nach Jahrhunderten eines konsequenten Anbaus zu Tage tritt. Es bedarf diese Folgerung aus der Theorie der Pflanzenernährung keiner weiteren pathetischen Versicherung, sie ist gleichzeitig ein nur zu bekannter Erfahrungssatz einer jeden landwirtschaftlichen Praxis.

Dabei läßt sich *in allgemeiner Weise* auch nicht die Frage beantworten, ob es in diesem Falle vorzüglich der Mangel an Aschenbestandteilen, an stickstoffhaltiger Nahrung oder an physikalischen Bodeneigenschaften ist, welcher zuerst eine Abnahme der Erträge bewirkt. Eine Antwort hierauf würde wieder je nach der vorhergehenden Konstitution der Ackererde, je nach der Beschaffenheit der atmosphärischen Vegetationsbedingungen sehr verschieden gegeben werden müssen. Die *äußerste*, aber ganz und gar unverrückbare Grenze wird allerdings unter allen Umständen durch die beschränkte Menge von Aschenbestandteilen, welche in einem Grundstück vorhanden sind, gebildet, während die übrigen Fruchtbarkeitsbedingungen niemals bis auf den letzten Rest aufgezehrt werden können.

Zu einem ziemlich zutreffenden *Begriff der Düngung* gelangt man nun, wenn man diejenigen landwirtschaftlichen Manipulationen als solche bezeichnet, die jenes so sich ergebende Defizit auszugleichen bestimmt sind; d. h. wenn man die Stoffzufuhr, welche dem Boden einen Ersatz bieten soll für die weggeführte Ernte, Düngung nennt. Doch liegt in dieser Begriffsbestimmung keine ganz scharfe Definition, und sie birgt sogar die Gefahr in sich, zu jener einseitigen Ersatzlehre zu verleiten, die seiner Zeit selbst geeignet erschien, die gesunden Prinzipien einer rationellen Düngerwirtschaft zu gefährden.

Wir brauchen uns nur ein wenig in der praktischen Landwirtschaft umzusehen, um zu erkennen, daß Düngung und Ersatz des Entnommenen durchaus nicht identisch sind, wenn sie auch häufig zusammenfallen, da natürlich die ihrer produzierten Pflanzenmassen beraubten Felder der einfachen Wahrscheinlichkeit nach vorzugsweise oft einen Mangel an den in diesen Massen enthaltenen Stoffen empfinden werden. Wir brauchen uns nur daran zu erinnern, daß viele ganz unkultivierte Strecken, von denen bis dahin niemals eine Ernte entnommen wurde, in intensiv bewirtschafteten Ländern gar nicht selten durch eine der Ernte vorausgehende Düngung in Kultur (z. B. die nach dem Torfstiche zurückbleibenden Flächen der Hochmoore in den holländischen Moorkolonien, Sandflächen für Gemüsekultur, die Urbarmachung von kolonialen Waldböden zu Plantagen) gesetzt werden, daß wir ferner eine Reihe von Düngemitteln verwenden, die wie Gips und Mergel ihrer natürlichen Zusammensetzung nach den entnommenen Pflanzenprodukten zu unähnlich sind, um sie als ein Surrogat für dieselben ansehen zu dürfen. Ich brauche nur noch hinzuzusetzen — was sich nicht unmittelbar durch Anschauung erkennen läßt —, daß auch manche in der landwirtschaftlichen Praxis (z. B. beim Tabaksbau)*) üblichen Düngungen namentlich

*) Vergl. Landw. Versuchsst., 38, p. 100.

in ihrer Menge, aber auch in ihrer Zusammensetzung der entnommenen Ernte sehr unähnlich sind, und daß auch die ähnlichen den Postulaten der Ersatzlehre keineswegs entsprechen, und wir werden erkennen, daß die versuchte Begriffsbestimmung, trotz ihrer historischen Bedeutung für die Entwickelung unserer Erkenntnisse und so zweckmäßig sie daher auch war, uns auf die Notwendigkeit der Düngung im allgemeinen hinzuweisen, im einzelnen durchaus unrichtig ist.

Als *Düngung* wird vielmehr zu bezeichnen sein *eine jede Zufuhr von Stoffen**) *auf landwirtschaftlich benutzten Grundstücken in der Absicht,* jetzt oder in Zukunft *den Ertrag derselben zu steigern;* als *Dünger jeder Stoff, welcher in dieser Absicht Verwendung findet.*

Nachdem wir so (freilich mehr durch einen glücklichen Griff als durch eine Herleitung) zu dem Begriffe einer Düngung gelangt sind, kehren wir, um eine richtige Vorstellung von der Möglichkeit einer rein empirischen Auffindung der in der Landwirtschaft gebräuchlichen sogen. natürlichen Düngemittel zu erlangen, dennoch zu dem zuerst eingeschlagenen Wege zurück, die Nützlichkeit des Düngers von dem Standpunkt des Ersatzes aus zu betrachten; denn eben diese natürlichen Dünger haben in der Praxis fast einzig deshalb eine Bedeutung erlangt, weil sie zunächst einen Ersatz für das durch die Ernte Entnommene zu bieten vermögen. Man darf eben trotz der gegebenen Begriffsbestimmung und wenn es auch häufig wirtschaftlich geboten erscheint, mehr zu geben, als man genommen hat, oder weniger, vielleicht auch ganz andere Stoffe zu geben, als man genommen hat, nicht aus dem Auge verlieren, daß das fortdauernde Nehmen ohne einen äquivalenten Ersatz schließlich unter allen Umständen zur Bodenverarmung, zur absoluten Unfruchtbarkeit führen muß, welche in allen Fällen unwirtschaftlich ist, und daß daher diejenigen Düngungsmethoden, welche einen ungefähren Ersatz bieten, stets, aber namentlich im Anfang des Entstehens solcher Methoden, eine hervorragende Rolle spielen werden.

Wir werden, diesen Weg verfolgend, uns noch einmal eingehender die Frage zu beantworten suchen, was durch die regelmäßige Vornahme von Ernten *an einzelnen einfachen Fruchtbarkeitsbedingungen* in dem Boden *geändert wird,* und dabei vorzugsweise im Auge zu behalten streben, welche jener Änderungen für die gesamte Produktionsfähigkeit eines Grundstücks von entscheidender Bedeutung ist. Zunächst werden wir dabei die einzelnen Nährstoffe, welche eine verwesende Pflanzenmasse einer neuen Generation zu bieten vermag, in dieser Hinsicht zu prüfen haben. Lassen wir also wieder die Stoffe, deren die Pflanze zu ihrem Gedeihen bedarf, und mit Berücksichtigung dieser Verhältnisse, vor unserem geistigen Auge vorübergehen.

Unter diesen Stoffen können *Sauerstoff* und *Wasser* ganz außer acht gelassen werden; der erstere wird unter keinerlei Umständen von einer verwesenden Pflanzenmasse erzeugt, das andere wird in so großen Mengen von der Pflanze verbraucht, daß die durch Verwesung gelieferten nicht in Betracht kommen können. Ein indirekter. Einfluß der Pflanzenreste im Boden auf den Wasserreichtum desselben und auf dessen Fähigkeit, die kommende Vegetation mit Wasser zu versorgen, sowie auf

---

*) Auf dies Wort ist hierbei ein besonderer Nachdruck zu legen, weil es nicht ankommt auf die mechanische *Form;* denn sonst könnte — was lächerlich genug wäre — am Ende auch ein Legen von Drainröhren unter die hier gegebene Definition von Düngung fallen.

dessen Durchlüftung besteht allerdings in hohem Maße, ein Einfluß indessen, der selbstverständlich bei den physikalischen Eigenschaften eines an vegetabilischen Resten reichen Bodens Erledigung finden muß.

Die *Kohlensäure* ist ein Pflanzennährstoff, der zwar ganz und gar aus der Atmosphäre genommen werden kann, dessen Vorhandensein im Boden das Pflanzenwachstum aber unter Umständen erheblich unterstützt*). Es kommen hierbei zwar neben direkt nährenden Wirkungen vorzüglich indirekt nützliche Wirkungen dieser Kohlensäure auf die Ackererde, bestehend in der Beschleunigung des Verwitterungsprozesses, Überführung von Nährstoffen in die Bodenlösung**) u. s. w. in Betracht; allein es ist für unsern augenblicklichen Zweck nicht nötig, diese Wirkungen streng auseinanderzuhalten. — Bei Verringerung der Pflanzenreste im Boden durch regelmäßige Vornahme von Ernten wird also offenbar eine wichtige Fruchtbarkeitsbedingung auf ein Minimum reduziert, und hierin liegt ohne Frage häufig einer der Gründe, der die Abnahme der Erträge auf einem so behandelten Grundstück veranlaßt. Daraus folgt, daß bei der natürlichen Auffindung von Düngemitteln vorzugsweise auch solche ins Auge fallen mußten, die in Bezug auf Kohlensäureentwickelung etwas Ähnliches zu leisten vermochten wie die weggenommenen Pflanzensubstanzen.

Salpetersäure (respektive Ammoniak) ist ein Pflanzennährstoff, der in einem von Pflanzenresten entblößten Boden in so geringer Menge vorhanden ist und auch von der Atmosphäre während der Dauer einer Vegetationsperiode in so geringen Mengen geliefert wird, daß eine unter gewöhnlichen Umständen sich entwickelnde Vegetation in ihrem Bedarf an diesem Stoffe wesentlich auf diejenigen Mengen angewiesen ist, die durch Verwesung von stickstoffhaltigen organischen Substanzen im Boden in Freiheit gesetzt werden. Eine regelmäßige Beraubung eines Grundstücks an den auf ihm produzierten Pflanzenmassen ist deshalb in Bezug auf die Stickstoffernährung der nun gepflanzten Gewächse beinahe gleichbedeutend mit einem Anbau derselben auf einem bis dahin vegetationsleeren Boden. Wir können deshalb mit voller Entschiedenheit aussprechen, daß die Erträge auf einem Boden, dem seine Produkte kontinuierlich ohne entsprechenden Wiederersatz genommen werden, auch deshalb zurückgehen müssen, weil den auf ihm wachsenden Pflanzen eine allzu kärgliche Stickstoffnahrung zu Gebote steht, ohne hierbei freilich zu verkennen, daß verschiedene Gewächse wegen ihres verschiedenen Vermögens, den Stickstoff tieferer oder seichterer Bodenschichten auszunützen, und noch viel mehr wegen der eigentümlichen Stickstoffassimilation der meisten Leguminosen sich jener Verminderung der Stickstoffnahrung im Boden gegenüber sehr verschieden empfindlich erweisen werden.

Diejenigen *Aschenbestandteile* der weggeführten Ernten, welche zugleich Nährstoffe sind, können in vielfacher Hinsicht gemeinschaftlich abgehandelt werden. Sie alle erleiden durch die Wegnahme der geernteten Pflanzensubstanz eine absolute Verminderung. Allein hier sind schon jetzt wesentliche Unterschiede in Betracht zu ziehen, da die einzelnen Aschenbestandteile in sehr verschiedenen Mengen in der Ackererde vorhanden zu sein pflegen und außerdem wiederum in sehr verschiedenen und von jenen unabhängigen Mengen in die Zusammensetzung der geernteten Be-

---

*) Vergl. die 21. Vorlesung des I. Bandes.

**) Die 4. Vorlesung des I. Abschnittes des II. Teiles.

standteile eingehen. So kommt es, daß vorzüglich nur für einige Aschenbestandteile jener Ausfall fühlbar wird, und daß — da sie einander nicht vertreten können — diese einseitige Verminderung schon eine Abnahme der Bodenerträgnisse veranlaßt, auch wenn viele andere mineralische Nährstoffe noch in übergroßen Mengen vorhanden sind*).

Die *Schwefelsäure* ist, um zu den einzelnen mineralischen Nährstoffen überzugehen, ein Stoff, welcher in den meisten Böden nur in sehr geringen Mengen vorhanden ist. — Ich verweise in Bezug auf diese wie auf die später aufzustellenden Behauptungen unter anderem auf die Gesteinsanalysen**). — Allein der Elementarbestandteil, dessen Träger die Schwefelsäure ist, geht auch nur in verhältnismäßig geringen Mengen in die Zusammensetzung der Pflanzen ein***), so daß der Mangel an diesem Bestandteile doch nicht leicht fühlbar wird.

Anders ist es mit der *Phosphorsäure*. Auch sie kommt nur in geringen Mengen im Boden vor, geht aber in weit größeren Verhältnissen als die Schwefelsäure in die Zusammensetzung der Pflanzen ein, zeigt also in Bezug auf schleunige Ausraubung des Bodens das möglichst ungünstige Verhältnis. In der That ist es diese unter den Aschenbestandteilen für die gewöhnlichen Verhältnisse des natürlichen Bodens und die üblichen Kulturen zuerst, in Bezug auf welche sich, namentlich nach den praktischen Erfahrungen bei ungenügendem Ersatz, ein Mangel fühlbar macht, und in dem Phosphorverlust ist unter den gegebenen Verhältnissen eine weitere Ursache zu sehen, warum die Ernten ohne Ersatzleistung häufig in verhältnismäßig kurzer Zeit die Fruchtbarkeit eines Bodens beeinträchtigen.

Es ist dann für diesen Nährstoff wie für jeden andern noch besonders auf den Umstand aufmerksam zu machen, daß diejenige Menge desselben, welche wirklich in

*) Man muß, um tiefer in dieses Problem einzudringen, im Auge behalten, daß sich zwar jedenfalls das Bedürfnis aller Gewächse auf dem Wege der natürlichen Züchtung an die gewöhnliche Zusammensetzung der Ackererde gewissermaßen angepaßt hat, obgleich man noch keine künstliche Züchtung der Gewächse in betreff ihres Nährstoffbedarfs versucht oder eine natürliche beobachtet hat. Indessen wäre hierdurch ein zwar schwieriger, aber für die Theorie der physiologischen Bedeutung der Nährstoffe viel Aufschluß versprechender Weg angedeutet. — Man muß weiter berücksichtigen, daß in der Zusammensetzung der Bodenarten, dem gemeinsamen Ursprung entsprechend, eine gewisse Übereinstimmung besteht, daß aber nun nicht, wie man vielleicht denken sollte, infolge der Wegnahme der produzierten Pflanzensubstanz eine ganz gleichmäßige Änderung des Gehalts des Bodens an den mineralischen Nährstoffen eintreten kann, weil eben einzelne dieser Stoffe ganz vorzugsweise befähigt sind, rasch in großen Mengen in die Pflanzen überzutreten, und daß für diese bei Wegnahme der Erntemasse eine ganz besonders große Beraubung, bei deren Verbleib eine ganz besonders große Bereicherung an diesen Stoffen in verfügbarer Form eintreten muß. Wenn man dieses Verhalten beachtet, so kann einem nicht verborgen bleiben, daß gerade, weil sich die Pflanze in ihrem Bedarf vermutlich nach den natürlichen Verhältnissen (d. h. also nach den Verhältnissen eines an verwesenden Pflanzenstoffen reichen und nicht eines noch unberührten Bodens) gerichtet hat, die Wegnahme dieser Stoffe für einzelne der Nährstoffe, welche in geringer Verbreitung im ursprünglichen Boden vorhanden sind, aber bei der Stoffaufnahme begünstigt werden, sich besonders empfindlich geltend machen muß.

**) Dieses Lehrb. II. Band, I. Abschnitt, p. 18.

***) Vergl. die in der 19. Vorlesung des I. Bandes mitgeteilten Aschenanalysen.

die produzierte Pflanzenmasse übergeht, nicht genügt, um als Bestandteil des Bodens die Produktion derselben zu ermöglichen, sondern daß im Boden eine weit größere Menge in dem Zustand, in welchem er für die betreffende Pflanzenwurzel zugänglich ist, vorausgesetzt wird, um jenen Erfolg sicher zu stellen. Es ergiebt sich dieses Verhältnis einfach aus den Gesetzen der Stoffaufnahme. Es war bei Betrachtung dieser Gesetzmäßigkeiten zu ersehen, daß es teilweise der direkten Berührung der feinsten Wurzelfasern mit den ungelösten Stoffteilchen bedarf, um diese Stoffe in den Pflanzenorganismus einzuführen, daß namentlich bei der Phosphorsäure diese Form der Stoffaufnahme vermutlich eine hervorragende Rolle spielt. Und auch, wo dies nicht nötig ist, gilt, da Lösungen nicht vollständig erschöpft zu werden brauchen, etwas Ähnliches. Aus dieser Sachlage folgt nun ohne weiteres, daß nicht alles Verfügbare in einer Vegetationsperiode aufgenommen werden kann, und daß es von der Art der Bewurzelung abhängig sein muß, wieviel von einer gegebenen Menge fester Nahrungsstoffe aufgenommen werden kann, oder welche Menge dieser Stoffe mindestens erforderlich ist, damit nicht durch den entstehenden Mangel das Pflanzenwachstum Schaden leidet. Dieses Minimum hat im allgemeinen wenig mit der Menge des in der produzierten Pflanzenmasse enthaltenen Stoffs zu thun und kann bei verschiedenen Pflanzen je nach dem Bewurzelungssystem in sehr verschiedenem Verhältnis zu dieser stehen. Ich erwähne dies nebenbei, um gleich von vornherein vor Irrtümern in dieser Richtung zu bewahren.

Das *Kali* ist durchschnittlich in sehr viel beträchtlicheren Mengen im Boden vorhanden als die Phosphorsäure und die Schwefelsäure, wird aber demselben auch in sehr bedeutenden Mengen — durchschnittlich viel bedeutenderen als die Phosphorsäure — durch die Pflanzen entzogen. Häufig ist dasselbe in den Böden (in allen denen, in welchen sich noch unverwitterte Gesteinsreste finden) in zur Zeit wenig zugänglicher Form vorhanden, so daß leichter durch die Entnahme von Ernten ein vorübergehender Mangel entstehen wird, der sich aber meistens nach einer Zeit der Ruhe, namentlich wenn gleichzeitig der Verwitterungsprozeß befördert wird, wieder ausgleichen wird. — Übrigens ist es für Kali, wie namentlich auch für den Kalk, durchaus vom Übel zu generalisieren, da in Bezug auf diese Stoffe verschiedene Bodenarten die größten Unterschiede zeigen. Bei alledem ist das Kali der Stoff, für den sich, wenn auch nicht in demselben Grade, ohne allen Zweifel nächst dem Stickstoff und der Phosphorsäure eine fortgesetzte Wegführung der produzierten Pflanzenmasse ohne genügenden Ersatz als von den bedenklichsten Folgen begleitet zeigt, und dessen Unentbehrlichkeit für die Gewächse eine weitere Ursache dafür ist, daß die fortdauernde Ernte ohne Düngung nach kürzerer oder längerer Zeit eine Abnahme der Ertragsfähigkeit des Bodens mit sich bringt.

Die übrigen unzweifelhaften Nährstoffe, *Kalk, Magnesia, Eisenoxyd,* können wir mit einigen Worten abthun. Dieselben sind durchschnittlich in den Ackererden in weit größerer Menge und zwar in verfügbarer Form vorhanden, als die Pflanzen von ihnen in sehr vielen Ernten gebrauchen. Der Gehalt der Ackererde an Kalk und Magnesia ist freilich außerordentlich verschieden. In Kalk- und Dolomitböden besteht häufig (nicht immer) die Hauptmasse des Bodens aus diesen Stoffen; in andern Böden treten dieselben bis auf Bruchteile von Prozenten in den Hintergrund. Allein selten würde sich auch bei länger fortgesetzter Entnahme ohne Ersatz ein wirklicher

Mangel an diesen Stoffen herausstellen, ohne daß längst der Mangel an Stickstoff, Phosphorsäure und selbst Kali sich geltend gemacht haben würde, und wo ein solcher Boden dringend Kalkzufuhr erheischt, da ist es seltener die direkte Wirkung des Kalks als Nährstoff, als die indirekt nützliche Wirkung desselben in der Ackererde, welche für unseren Zweck von Bedeutung ist und von der wir daher noch ausführlich zu sprechen haben werden*). So wichtig infolgedessen Kalkdüngungen, wo sie am Platze sind, sich erweisen werden, so kann von einem erheblichen Nutzen der Kalkmengen, die durch die Ernte entzogen werden, schon aus dem Grunde nicht wohl die Rede sein, weil zu jenen physikalischen Wirkungen sehr viel größere Mengen dieses Bestandteiles erforderlich sind. Infolge von Magnesiamangel unfruchtbare Ackererden werden wohl nur in ganz vereinzelten Fällen beobachtet**). — Beim Kalk tritt also der Gesichtspunkt des Ersatzes neben anderen noch weiteren Gesichtspunkten in den Hintergrund. Bei der Magnesia hat der erstere auch keine große praktische Bedeutung.

Die regelmäßige Fortführung der produzierten Pflanzenmasse wirkt aber noch auf eine andere Weise als durch Entzug der wichtigsten Nährstoffe und meistens vermindernd auf die Ertragsfähigkeit eines Grundstücks ein, nämlich durch Veränderung und in der Regel Verschlechterung der physikalischen Eigenschaften desselben. Jene Pflanzenmasse repräsentiert nicht bloß eine gewisse Summe von Nährstoffen, die in derselben vorhanden sind oder sich aus derselben entwickeln, sie ist außerdem der Sitz von ganz bestimmten Eigenschaften, welche sie durch ihre Einverleibung in die Ackererde derselben überträgt oder in derselben hervorruft. Wir erinnern uns, was früher in diesen Vorlesungen über die Bedeutung verwesender organischer Überreste für die physikalischen Eigenschaften des Bodens gesagt wurde***). Die dunkel gefärbten humosen Stoffe erhöhen außerordentlich die Erwärmungsfähigkeit des Bodens und damit dessen Ertragsfähigkeit in kälteren Klimaten; die gleichen Stoffe vermehren die Wasserkapazität des Bodens und damit dessen Ertragsfähigkeit namentlich in trockenen Lagen und Klimaten etc. Aus diesen zwei Gesichtspunkten schon erhellt die Bedeutung pflanzlicher Überreste, auch abgesehen von deren übrigen physikalischen Eigentümlichkeiten, und es liegt somit eine weitere Ursache zu Tage, warum die Ernte ohne Ersatz nach und nach ein Zurückgehen in den Erträgnissen veranlassen muß.

Dabei ist freilich nicht außer Augen zu lassen, daß die Erhaltung nützlicher physikalischer Eigenschaften nicht die Einverleibung der ganzen produzierten Pflanzenmasse erheischt. In dieser Beziehung stehen überhaupt, wie wir schon genugsam hervorgehoben haben, die Aschenbestandteile ganz vereinzelt da. Es kann im Gegenteil gesagt werden, daß vorzugsweise in feuchteren Länderstrichen eine fortwährende Anhäufung der ganzen produzierten organischen Substanz gar nicht günstig wirken würde, da dort in vielen Fällen die Bedingungen zu einer hinreichend schnellen Verwesung fehlen und durch allzugroße Anhäufung von humosen Substanzen wenig kompakte Böden mit sehr verdünnten Nährstoffen und von zu geringer Wärmekapazität gebildet werden würden.

---

*) Vergl. die 13. Vorlesung.

**) Vergl. z. B. Landw. Versuchsst., 38, p. 103.

***) Vergl. die 8. bis 10. Vorlesung des I. Abschnittes des II. Bandes.

Alles in allem genommen, vermögen wir also nun deutlich einzusehen, warum eine fortdauernde Wegführung der produzierten Pflanzensubstanz auf die künftige Ertragsfähigkeit eines Grundstücks schädigend einwirken muß. Es werden allerdings je nach der Beschaffenheit des Bodens, nach den Ansprüchen der angebauten Kulturpflanzen, nach klimatischen Verhältnissen sehr verschiedene Dinge sein, die in erster Linie das Ertragsvermögen beeinträchtigen. Eine Fruchtbarkeitsbedingung aber erleidet unter allen Umständen eine unabwendbare, wenn auch langsam fortschreitende und oft erst spät zu Tage tretende Verminderung — die wirksamen, aber sparsam im Boden vertretenen Aschenbestandteile.

Soweit in unseren Betrachtungen vorgerückt, können wir uns nun mit Aussicht auf Erfolg die Frage stellen: *welche Substanzen waren es wohl, auf welche die Blicke der Menschen naturgemäß fallen mußten, als es sich um eine Ertragssteigerung der durch fortgesetzte Ernteentnahme ausgeraubten Felder handelte?* — Es bedarf keines besonderen Hinweises, daß die Erkenntnis, welche den Menschen an allen Orten und zu allen Zeiten zu der Anwendung der natürlichen Düngemittel geführt hat, eine rein empirische gewesen ist. — Wie könnte dem auch anders sein? — Der Ackerbau, zu dessen Grundlagen fast an allen Orten eine geordnete Düngerwirtschaft gehört, ist nach unsern kulturgeschichtlichen Erfahrungen die erste Grundlage einer höheren Kultur und diese wieder die unabänderliche Voraussetzung zu einer wissenschaftlich theoretischen Erkenntnis. Eine klare naturwissenschaftliche Einsicht in die physischen Verhältnisse des Pflanzenlebens, in den Nährstoffbedarf dieser Organismen und eine Theorie der Düngung wird deshalb ebensowenig der praktischen Manipulation des Düngens vorausgehen können, als etwa ein einzelnes Individuum mit dem Verdauen warten kann, bis man ihm die Theorie dieses Vorgangs und die Prinzipien einer rationellen Verdauung beigebracht hat, weil auch hier die physische Entwickelung des Individuums der intellektuellen vorausgehen muß, und der Vollzug jenes physiologischen Aktes bei der ersteren eine Rolle spielt, die Theorie desselben aber erst durch die letztere gegeben werden kann.

Wir sehen infolgedessen bei allen ackerbautreibenden Völkern, bei denen die äußern Umstände es erheischen, ganz unabhängig von ihren naturwissenschaftlichen Kenntnissen Düngungsmethoden auf rein empirischem Wege sich ausbilden; und aus dieser Sachlage geht nun weiter hervor, daß es verhältnismäßig leicht gewesen sein muß, auf dem Wege der unmittelbaren Erfahrung Düngestoffe als solche kennen zu lernen und überall in den gleichen Stoffen die Düngebefähigung zu erkennen. Als *physisch* am naturgemäßesten, wenn auch in ihrer wirtschaftlichen Zweckmäßigkeit anfangs kaum begreiflich, erscheint allerdings diejenige Düngungsmethode, wobei die gewachsene Pflanzensubstanz durch Unterpflügen dem Boden einverleibt wird — die *Gründüngung*. Durch diese Methode, durch welche freilich der wirtschaftliche Zweck des Pflanzenbaues verfehlt zu werden scheint, wird offenbar dasselbe in noch vollkommenerer Weise erreicht, was die Natur an allen von Menschenhand unberührten, mit Pflanzen bestandenen Flächen thut; es werden diejenigen Verhältnisse hergestellt, unter denen und nach denen sich erst das Bedürfnis der Gewächse gebildet hat. Die wirtschaftliche Möglichkeit einer derartigen Kulturmethode erhellt aber einfach daraus, daß es auf diese Weise gelingt, das Erträgnis einer nachfolgenden Pflanze derart zu steigern, daß sich dadurch unter gewissen Verhältnissen der Aufwand an

Saatgut, Arbeit und der Verlust der Grundrente auch für das erste Gewächs bezahlt macht. Daraus ergiebt sich aber zugleich, daß die Gründüngung naturnotwendig nicht die einzige Düngungsmethode sein kann; denn entweder wird der wirtschaftliche Zweck der Pflanzenproduktion für Tier und Mensch nicht erreicht, oder unsere angestellte Betrachtung über die notwendige Abnahme der Bodenfruchtbarkeit bleibt bestehen, die dann doch zur Aufsuchung anderer Düngemittel zwingt*).

Die Stoffe, auf welche vielmehr die Blicke der Menschen zunächst fallen mußten, sind die *Exkremente der Haustiere,* deren Wirksamkeit als Düngemittel wir mit unseren heutigen Kenntnissen theoretisch abzuleiten befähigt sind — einmal deshalb, weil der Ackerbau kulturgeschichtlich aus dem Hirtenleben sich herausentwickelt**) hat, und die Viehhaltung dann neben dem reinen Ackerbau durch alle Kulturperioden fort und fort betrieben wird, mithin jedem ackerbautreibenden Volke die tierischen Exkremente sehr bekannte Stoffe sind; — zweitens deshalb, weil die Wirkung dieser Stoffe auf natürlichen Weideplätzen so in die Augen fallend ist, daß sie selbst einem ungeübten Blicke nicht entgehen kann. Wir wissen außerdem, wenn wir an die Grundzüge des tierischen Stoffwechsels uns erinnern, daß die tierischen Exkremente in Bezug auf ihr Verhalten als Pflanzennahrungsmittel sehr ähnlich zusammengesetzt sind wie die tierische Nahrung, und verstehen so ohne weiteres, warum dieselben im stande sein müssen, Ersatz für jene dem Boden entnommenen pflanzlichen Stoffe, welche ja eben zur Ernährung der in Betracht kommenden Tiere dienen, zu leisten.

Allein für unsere Aufgabe wird es notwendig sein, die Änderung in Zusammensetzung und Eigenschaften, welche eine Pflanzenmasse beim Durchgang durch den tierischen Organismus erfährt, einer genaueren Prüfung zu unterwerfen, weil wir nur so im stande sind, den Unterschied zu verstehen, der zwischen einer Düngung mit der Ernte selbst und einer Düngung mit den aus ihr hervorgegangenen tierischen Exkrementen besteht, und auf welchen sich gewisse Folgerungen für das Wesen der Stallmistwirtschaft gründen.

Das Gesamtresultat des tierischen Stoffwechsels in Bezug auf die in den Tierorganismus eintretenden und aus demselben austretenden Substanzen läßt sich mit einigen Worten abmachen, wenn man, wie wir dies vorerst thun wollen, einstweilen darauf verzichtet, die Thatsache des Stoffansatzes im Tierkörper und der Bildung von Sekreten aus demselben, also der gelegentlichen Lieferung anderer Substanzen, welche nicht als Dünger Verwendung finden, d. h. also Fleisch- und Fettansatz, Milch- und Wollproduktion durch das Tier, zu berücksichtigen. Diese Vernachlässigung hat übrigens auch nur eine Korrektion in Bezug auf die Menge, nicht aber wesentlich auf die Zusammensetzung der Exkremente zur Folge. Es läßt sich alsdann sagen, daß das als Futter Eintretende von dem als Exkrement Austretenden sich unterscheidet durch einen beträchtlichen Verlust an organischer Substanz, welche durch den Atmungsprozeß in der tierischen Lunge zerstört wird, daß Stickstoff und Aschenbestandteile quantitativ unverändert, aber in wesentlich anderer Form in den Exkrementen vorgefunden werden.

*) Wir kommen auf Besprechung dieser Maßregel noch in der 7. Vorlesung zurück.

**) Vergl. Roscher: Nationalökonomie d. Ackerbaus, 1865, p. 48 u. f.

-Der Stickstoff wird durch den tierischen Stoffwechsel für die Pflanzenernährung gleichsam aufgeschlossen. Sehr deutlich zeigt sich dies Verhalten in der landwirtschaftlich bekannten Thatsache, daß Gründüngung selten Lagergetreide*) erzeugt, häufiger aber Stallmistdüngung, weil in diesem Falle der Stickstoff rascher und unter Umständen zu rasch wirkt. Ganz etwas Ähnliches findet für die Aschenbestandteile statt.

Alles in allem genommen, können wir etwa folgende Veränderungen der Futterstoffe beim Passieren durch den tierischen Körper konstatieren. Die organische Substanz ist in den Exkrementen auf etwa die Hälfte reduziert. Diese werden also hinsichtlich der Kohlensäureentwicklung, der Fähigkeit, humusartige Stoffe im Boden anzuhäufen, also auch hinsichtlich aller der physikalischen Eigenschaften, die jene Anhäufung zur Folge hat, weniger zu leisten im stande sein, als wenn jene Futterstoffe ungeerntet und ungefüttert als solche dem Boden einverleibt worden wären. Stickstoff und Aschenbestandteile sind, obige Voraussetzungen wiederholt, in ungeänderter Menge, aber in tauglicherer chemischer Form in den Exkrementen enthalten.

Man wird mithin für die Wirksamkeit der tierischen Exkremente im Vergleich zu der Wirksamkeit der Futterstoffe, aus denen sie hervorgegangen sind, als Düngemittel im allgemeinen aussprechen können, daß, da nur Kohlensäureentwickelung und Humusbildung bei ihnen verhältnismäßig gering sind, diese aber ohne Schaden für die Vegetation etwas herabgedrückt werden können, und in Bezug auf die andern Fruchtbarkeitsfaktoren eine Verbesserung eingetreten ist, im ganzen die Düngung mit den Exkrementen vorteilhafter auf das Gedeihen der kommenden Vegetation wirken wird als der Verbleib der ungeernteten Pflanzenmassen auf den Feldern. Wenn man trotzdem Gründüngung zuweilen vorzieht, so liegt das in Ersparung von Transportkosten oder anderen mehr wirtschaftlichen Verhältnissen.

Die von uns gegebene Beantwortung kann der Natur der Sache nach nicht für jeden einzelnen Fall streng richtig sein, da in verschiedenen Böden und für verschiedene Kulturen sehr verschiedene Fruchtbarkeitsfaktoren in zu geringem Verhältnis für ein möglichst günstiges Zusammenwirken vorhanden sein können. So sind an organischen Stoffen sehr arme Böden denkbar, welche ihrer physikalischen Beschaffenheit nach einer Einverleibung großer Massen organischer Substanzen bedürftig sind, und für welche eine Düngung mit der Pflanzensubstanz selbst vorteilhafter gewesen wäre. Allein solche Fälle können wohl als eine Ausnahme betrachtet werden, und im allgemeinen wird die gegebene Beantwortung die richtige sein. Es ist noch besonders darauf hinzudeuten, daß ein Teil der Wirkung der Kohlensäure bei der Düngung mit Exkrementen deshalb unnötig wird, weil sich in denselben die

---

*) Ausnahmen besprochen bei P. Wagner (Fühlings Landw. Zeitung, 42, p. 703). Auch kann, wie aus den Untersuchungen des genannten Forschers hervorgeht, der N in Gründüngung von größerem Wirkungswerte sein, wenn die betreffende Pflanzensubstanz in sehr jugendlichem Zustand untergepflügt wird, wodurch aber nicht die Thatsache berührt wird, um die es sich hier handelt, daß nämlich durch den Durchgang durch den Tierkörper an und für sich der Düngerwert des Stickstoffs sich vergrößert. Auch scheint der von W. zur Vergleichung herangezogene Stallmist von besonders geringer Qualität (arm an flüssigen Bestandteilen) gewesen zu sein. Vergl. übrigens W.s Verteidigung gegen J. Kühn: Landw. Presse, 1895, Nr. 11.

mineralischen Stoffe in einem sehr zugänglichen Zustande befinden und deshalb die geringere Menge, die sich von jener aus diesen entwickeln kann, um so weniger eine ernstliche Beeinträchtigung der Fruchtbarkeit herbeiführen wird.

Man wird dem Resultat, zu welchem wir gekommen sind, um so eher beipflichten können, wenn man sich an die oft erwähnte Thatsache erinnert, daß es in einem rein mineralischen, von Pflanzen bis dahin noch nicht okkupierten Boden in der Regel mehr der Mangel an genügender Stickstoffnahrung ist, der das Gedeihen der meisten Gewächse in demselben erschwert, als der Mangel günstiger physikalischer Eigenschaften und namentlich der Mangel einer Kohlensäurequelle. Stickstoff ist aber in den Exkrementen der Tiere in ungeschmälerter Menge und verhältnismäßig leicht verfügbarer Form vorhanden. — Endlich werden die Aschenbestandteile bei der Düngung mit Exkrementen unter den oben gemachten Voraussetzungen selbstverständlich keine Verminderung erleiden, es sei denn durch Auswaschen der Ackererde und dergleichen Prozesse — immer vorausgesetzt, daß die der geernteten Pflanzenmasse entsprechende Menge von tierischen Exkrementen Verwendung findet.

Nach den gegebenen Erläuterungen wird man leicht die Befähigung der Exkremente der pflanzenfressenden Tiere, als Düngestoffe zu dienen, und ebenso die Leichtigkeit, mit welcher dieser Sachverhalt aufgefunden werden konnte, begreifen. Es darf dabei nicht vergessen werden, daß diesen Stoffen außer der Düngebefähigung eine jede andere Befähigung, wirtschaftlichen Zwecken zu dienen, völlig abgeht. Den Nahrungswert für Tiere, den die Futtermittel vor dem Passieren des tierischen Körpers besessen hatten, haben dieselben beim Austritt aus diesem fast völlig verloren. Einen geringen Wert als Brennmaterial besitzen die Exkremente allerdings noch, aber nur in Ländern äußersten Holzmangels*); sonst sind kaum je technische Anwendungen**) von denselben gemacht worden, und um so mehr sind jene Stoffe von der Natur zu Düngemitteln gestempelt. — Nichts ist vielleicht bezeichnender für diese Sachlage, als daß den Laien in landwirtschaftlichen Dingen noch heute „Mist" und „Dünger" als synonyme Begriffe erscheinen, wie sie es jedenfalls in früherer Zeit gewesen sind***), und daß jene sich auch einen „künstlichen" Dünger nicht anders als stinkend und ekelhaft vorstellen können.

In der That sind nun auch die Exkremente der Haussäugetiere als die naturgemäßesten Düngestoffe in sehr früher Zeit als solche verwendet worden. Schon die geschichtlichen Urkunden des grauen Altertums machen mannigfache Mitteilungen, die auf die Verwendung jener Exkremente zur Düngung aufs sicherste hinweisen, ganz abgesehen von der unwillkürlichen Düngung durch den Weidegang der Tiere. Dort hat man offenbar zuerst die Wirkung beobachtet, die jene Stoffe auf das Pflanzenwachstum ausüben, namentlich wenn in der Nähe der Lagerstätten der Tiere sich Düngestoffe angehäuft hatten. Man hat dann ohne Zweifel angefangen, jene Stoffe

*) Vergl. z. B. Schleiden: Baum und Wald, 1870, p. 87; u. a. vielen andern Orten.

**) Als solche sind zu nennen: die Ammoniaksalzfabrikation aus tierischen Abfällen und einige Verwendungen von Kot und Harn in der Färberei. In Ungarn baut man freilich mit getrocknetem, torfartigem Mist Ställe und dergl.

***) Die holländische Sprache gebraucht jetzt noch das eine Wort „mest" in der doppelten Bedeutung, während der vlämische Dialekt für Dünger den Ausdruck „vette" hat, ganz analog wie im Französischen „engrais" gegenüber „fumier" steht.

zu verteilen, um eine gleichmäßigere Wirksamkeit zu erzielen, und so haben sich dann nach und nach die einfachsten Düngungsmethoden ausgebildet.

Homer*) erwähnt in der Odysee des Stalldüngers, Xenophon*) giebt Ratschläge, denselben durch Vermischen mit vegetabilischen Abfällen, Erde und dergleichen zu vermehren. Ähnliche Methoden scheinen auch bei den Israeliten üblich gewesen zu sein. Was aber vielleicht am meisten von allen Nachrichten für die genaue Kenntnis des Werts dieser Stoffe als Düngemittel im Altertume spricht, ist die Thatsache, daß in hellenischen Gesetzen der Düngerdiebstahl*) mit Strafen bedroht war. Bei den Römern nun vollends finden wir raffiniertere Düngungsmethoden, die unsern heutigen in mancher Beziehung außerordentlich ähnlich sehen. Wir werden später gelegentlich noch von diesen zu sprechen haben.

*) Die betreffenden Citate bei Conrad: Liebigs Ansicht von der Bodenerschöpfung 1864, p. 144.

Zweite Vorlesung.

Die Düngung. — Natürliche und sogenannte künstliche Düngemittel. — Übersicht über die verschiedenen Düngemittel. — Der Stalldünger.

Durch die in der vorigen Vorlesung gegebenen Erläuterungen ist uns deutlich geworden, warum die tierischen Exkremente eine so große Rolle als Düngemittel spielen und geradezu als natürlicher Dünger bezeichnet werden mußten. Schon im grauen Altertum hat man sich derselben bedient.

Aber nachdem man sich nun einmal gewöhnt hatte, die tierischen Exkremente zu sammeln und zur Düngung zu verwenden, lag es in der Natur der Dinge, auch eine Reihe von anderen Stoffen auf ihre Düngebefähigung zu prüfen und die Entdeckung weiterer Düngemittel nicht mehr dem Zufall zu überlassen. So haben sich denn ohne Zweifel bei verschiedenen Völkern und in den verschiedenen Kulturperioden, von denen, wie wir später noch deutlicher erkennen werden, die Düngungsarten vielfach abhängig sind, verschiedene Düngungsmethoden ausgebildet.

Vor allem mußte der Blick nun auch auf die *menschlichen Exkremente* fallen, und man sollte vielleicht denken, daß diese Stoffe, für die sich ja theoretisch fast genau dasselbe sagen läßt, was wir in der vorigen Vorlesung für die Düngebefähigung der tierischen Exkremente ausgeführt haben, gleichzeitig mit jenen in dieser Eigenschaft hätten erkannt und als Dünger verwandt werden müssen. Allein dem steht bei näherer Betrachtung mehreres entgegen. Wir werden später die Zusammensetzung der menschlichen Exkremente, welche von der der Ausscheidungen der Pflanzenfresser abweicht und der Verwendbarkeit jener einige Schwierigkeiten entgegensetzt, kennen lernen; an dieser Stelle genügt es, hervorzuheben, daß schon etwas umständlichere und für die Bequemlichkeit der Menschen wenig dienliche oder aber kostspielige Einrichtungen zur Aufsammlung dieser Stoffe nötig sind; daß die mit der Landwirtschaft beschäftigte Bevölkerung notwendig weit auseinanderwohnt und die auf ein einzelnes Landgut entfallenden menschlichen Exkremente nur einen sehr kleinen Bruchteil auszumachen pflegen von den tierischen, wiewohl sie ohne Zweifel diesen schon in früherer Zeit gelegentlich einverleibt worden sind. Andererseits verursacht die Benutzung der städtischen Auswurfstoffe große Transportkosten, welche erst in sehr intensiven Perioden von der Landwirtschaft aufgebracht werden können. Hierzu kommt noch die natürliche Verschleuderung des Urins, welcher gerade die wertvollsten Düngebestandteile enthält, infolge bekannter menschlicher Gewohnheiten.

Überall da, wo es durch die wirtschaftlichen Verhältnisse geboten war, treffen wir übrigens auch schon im Altertum Benutzung der menschlichen Exkremente in

der Landwirtschaft. Der Kloakeninhalt des alten Roms ist sorgsam zur Düngung der in der Nähe der Stadt befindlichen Gärten benutzt worden, wie denn auch die übrigen Düngungsmethoden der Römer das Gepräge einer sehr intensiven Wirtschaft an sich tragen. — Die Araber sollen sogar schon lange vor unserer Zeitrechnung nicht bloß die menschlichen Exkremente als Dünger benutzt, sondern auch eine Art der Umwandlung derselben in eine feste transportable Form, also eine wahre Poudrettefabrikation, betrieben haben, was in einem heißen trockenen Klima natürlich verhältnismäßig leicht gelingt.

Wenn man dann die Verwendung der menschlichen Auswurfstoffe in der Geschichte oder durch verschiedene Länder weiter verfolgt, so erkennt man überall deutlich den Zusammenhang dieser Düngungsart mit der intensiven Kultur; denn später geht sie in jenen Ländern wieder verloren, nachdem sich die Betriebssysteme unter dem Einfluß der wirtschaftlichen Verhältnisse geändert hatten. Nichts vermag aber diesen Satz deutlicher zu belegen als die ausgedehnte Anwendung menschlicher Exkremente zur Düngung in China und Japan, in Ländern, wo eine außerordentlich dichte Bevölkerung zu einem intensiven Betriebssysteme zwingt und keinerlei Viehhaltung in größerem Maßstab betrieben wird*), also kein Stalldünger in erheblichen Mengen zur Verfügung steht**).

Ich habe dieser interessanten Beziehung schon hier flüchtig Erwähnung gethan, um zu zeigen, daß es nicht in erster Linie die erhöhte naturwissenschaftliche Erkenntnis des Wesens der Düngung ist, welche z. B. heute die landwirtschaftliche Benutzung des Abtrittdüngers anbahnt, sondern hauptsächlich die wirtschaftlichen Verhältnisse, daß — worauf es an dieser Stelle allein ankommt — jene Stoffe zu jeder Zeit und von jedem Volke durch sogenannte rohe empirische Erkenntnis in ihrer Düngebefähigung erkannt worden sind***) und nur ihre Anwendung durch Umstände sekundärer Art häufig verhindert worden ist.

Alle derartigen Materialien, deren Entstehung sie unfehlbar zu Düngemitteln stempelt, und die deshalb, mit Ausnahme einiger wenigen durch atmosphärische Einflüsse in ihrer Zusammensetzung sehr veränderten Guanosorten, als *absolute* Düngemittel bezeichnet werden können, haben in sehr früher Zeit ohne alle Theorie Verwendung gefunden. Dies sind die *natürlichen* Dünger und so heißen sie später namentlich im Gegensatz zu den erst durch die Wissenschaft aufgefundenen, meist künstlich bereiteten, den sogenannten *Kunst*düngemitteln.

---

*) Wo sich also, um einen wenig schönen, aber sehr verbreiteten Ausdruck zu gebrauchen, die „Depekoration“ vollzogen hat.

**) Vergl. hinsichtlich dieses Gegenstandes die 16. Vorlesung.

***) Genau in derselben Weise ist die *Guanodüngung* kein Ergebnis der erhöhten Einsicht in die Gesetze der Pflanzenernährung; der Guano wurde vielmehr in den Gegenden, wo er sich abgelagert findet, schon in so früher Zeit als Düngemittel benutzt, als wir überhaupt sichere Nachrichten von den betreffenden Ländern besitzen, und da derselbe auch nichts anderes ist als eine Ansammlung tierischer Exkremente (Vogelmist), die nur teilweise unter dem Einflusse der Atmosphärilien eine mehr oder minder große Wandlung durchgemacht haben, so müssen wir wiederum dessen Verwendbarkeit als Düngemittel selbstverständlich finden, wenn auch vielleicht eine etwas größere Aufmerksamkeit dazu gehört haben mag, diese Verwendbarkeit ausfindig zu machen.

An diese erstgenannten Stoffe reihen sich nun an und können größtenteils auch als absolute Düngemittel gelten: alle Materialien, die direkt oder indirekt pflanzliche Produkte sind, aber nicht endgültig als tierische Exkremente auftreten, dagegen ähnlich wie diese keiner erheblichen anderweitigen Verwendung fähig sind, — *tierische* und *pflanzliche Abfälle* aller Art. Die Befähigung pflanzlicher Abfälle als Düngemittel brauchen wir nicht erst zu erweisen, sie ist uns nach früher Gesagtem ohne weiteres verständlich*), und für die tierischen genügt die Bemerkung, daß die Organe der Tiere in Bezug auf düngende Bestandteile denen der Pflanze durchaus ähnlich zusammengesetzt sind, und daß gerade Stickstoff und Phosphorsäure in sehr großen Mengen in denselben sich aufgespeichert finden. In diese Abteilung gehören also Substanzen wie Malzkeime, Weintreber, Ölkuchen, Stroh, Laub, Schilf, Plaggen, Torf und dergleichen einerseits, Wollabfälle, Haare, Überreste der Leimfabrikation, Knochen, Horn, Fischabfälle und dergleichen andererseits. Bei allen diesen Substanzen ist schon durch ihre Abstammung ihre Düngebefähigung ohne weiteres verständlich, und viele derselben haben auch schon in früher Zeit praktische Verwendung gefunden.

Allein selbst mit dieser ganzen Reihe von Stoffen sind die Düngemittel, welche mittelbar oder unmittelbar Produkte des Pflanzenlebens sind, noch nicht abgeschlossen. Wir haben neben den genannten noch solche zu unterscheiden, welche ebenso wie die tierischen Exkremente hervorgegangen sind aus dem Verbrennungsprozeß pflanzlicher Stoffe, nur hervorgegangen aus einer weit intensiveren und vollständigeren Verbrennung als jene. Ich meine die *Aschen unserer Brennmaterialien,* seien diese letzteren nun Produkte des jetzigen Pflanzenlebens oder fossiler Natur. Dieselben stehen mit ihren Eigenschaften als Düngemittel gleichsam an der einen äußersten Grenze, die unverbrannten Pflanzensubstanzen an der andern, die Exkremente als halbverbrannte pflanzliche Stoffe in der Mitte. Doch genügt diese Andeutung noch nicht, um den Aschen ihre Stellung als Düngemittel bestimmt anzuweisen.

Da die Aschen völlig verbrannte Stoffe sind, so enthalten sie auch keine organischen Substanzen mehr, sie sind daher unvermögend, eine Quelle von Kohlensäure in der Ackererde hervorzurufen, desgleichen jene physikalischen Veränderungen daselbst vorzunehmen, welche für die verwesenden organischen Substanzen eigentümlich sind. Hierin liegt schon ein erheblicher Unterschied gegenüber der Wirkung der tierischen Exkremente, welcher ganz zweifellos im allgemeinen ein für die Aschen nachteiliger genannt werden muß, wie wir nicht weiter anzuführen brauchen. — Daher rührt es dann, daß die Pflanzenaschen und die Aschen der fossilen Brennmaterialien trotz ihres Ursprungs doch nicht als absolute Düngemittel schlechtweg bezeichnet werden dürfen, da sie eben infolge des Prozesses, dem sie ihre Entstehung verdanken, in ihrer Zusammensetzung außerordentlich von jenen verschieden sind und darum eine sehr einseitige Düngebefähigung besitzen.

Als Düngemittel, deren Wirkung von vornherein ebenso begreiflich ist als die der bis jetzt betrachteten, können dann alle diejenigen aufgefaßt werden, *welche in ihrer Zusammensetzung dem Boden ähnlich sind,* und dieser Gruppe von Dünge-

*) „Alles, woraus die Pflanzen bestehen, befördert auch ihr Wachstum", hat Rückert schon in früher Zeit ausgesprochen; vergl. Fraas: Geschichte der Landwirtschaft, p. 171.

stoffen müssen wir hier wenigstens schon kurz Erwähnung thun. Da ein auf natürlichem Wege gebildeter Ackerboden schon alle Elemente der Fruchtbarkeit in sich enthält, so ist uns die mögliche Verbesserung eines ungünstig zusammengesetzten Bodens oder eines durch Ernte-Entnahme erschöpften durch einen solchen leicht verständlich. Es ist klar, daß bei derartigen Bodenverbesserungen ganz vorzüglich diejenigen Bodenbestandteile eine Rolle spielen werden, die wir besonders als die Träger von Pflanzennährstoffen oder sonst günstigen Eigentümlichkeiten bezeichnet haben, also namentlich die thonigen aufgeschwemmten Massen eines ruhig fließenden Stromes, mittelst derer eine Schlammdüngung erfolgt, oder der Mergel, der auch schon in der ältesten Zeit Verwendung als Düngemittel gefunden hat.

Außer den genannten giebt es nun aber noch eine große Reihe von Düngestoffen, die mit Recht den Namen von *relativen* oder *spezifischen Düngemitteln* empfangen haben. Dieselben enthalten häufig nur ein einziges oder vielleicht zwei düngende Prinzipien und sind deshalb nur unter ganz bestimmten Verhältnissen von Wirksamkeit, unter andern aber ganz und gar unwirksam, selbst wenn an sich eine Steigerung der Erträge möglich wäre. Es ist aus diesem Verhältnis klar ersichtlich, daß derartige Stoffe durch einfache Beobachtung nur selten in ihrer Düngebefähigung werden erkannt werden können. Denkt man sich auch, daß alle möglichen Stoffe im Laufe der Zeiten zufällig oder absichtlich auf ihre Wirksamkeit als Düngemittel wären geprüft worden, so mußten doch alle diejenigen unter ihnen, die der Wahrscheinlichkeit nach nur hie und da, wenn gerade jene Umstände zutrafen, Mehrerträge erzielen konnten, so lange man gar keine Anhaltspunkte besaß für die Bestimmung dieser Umstände, als sehr unzuverlässige Düngemittel verworfen werden.

Zur allgemeinen Anwendung derartiger Düngemittel war daher eine klare Theorie der Pflanzenernährung notwendig, und deshalb fällt jene fast ausnahmslos in die allerneueste Zeit, wo sich eine solche Theorie der praktischen Landwirtschaft zur Verfügung gestellt hat. Aus demselben Grunde finden wir bei naturwissenschaftlich unentwickelten Völkern trotz aller Intensität des landwirtschaftlichen Betriebs, bei welcher die raffiniertesten Düngungsmethoden rentieren würden, keine Verwendung derartiger relativen Düngemittel, weil deren Brauchbarkeit eben nicht durch die empirische Methode festgestellt werden kann.

Das Gesagte gilt natürlich noch in vergrößertem Maßstabe für diejenigen relativen Düngemittel, die erst durch Fabrikation gewonnen werden. Die Methoden ihrer Darstellung können natürlich nur gefunden werden, wenn eine klar präzisierte Ernährungstheorie, die den komplexen Begriff Düngestoffe in seine natürlichen Komponenten zerlegt hat, als Leitstern dient. Schon aus diesen Andeutungen geht hervor, daß das Studium der Vegetationsbedingungen schöne Erfolge für den praktischen Pflanzenbau gehabt hat. Bei weitem die meisten relativen Dünger fallen in diese zweite Kategorie, da man auch die natürlich vorkommenden oder als Abfallstoffe gewonnenen bald künstlich zu verbessern lernte. Daher werden die in Bezug auf die Pflanzenernährung relativen Dünger auch wohl vom Standpunkte ihrer Entstehungsweise *künstliche* Dünger genannt und den *natürlichen* gegenübergestellt. Vom praktischen Standpunkte aus am zweckmäßigsten und ziemlich auf dasselbe herauskommend, ist wohl eine dritte Bezeichnungsweise dieser relativen Düngemittel als *konzentrierte* oder

Handelsdünger, wodurch die Frage, ob hierhin oder dorthin gehörig, wenigstens wenn auch nicht gelöst, so doch rasch coupiert wird.

Schließlich kann man neben den sich so ergebenden Gruppen von Düngemitteln noch eine weitere Gruppe unterscheiden, welche als *indirekt wirkende Dünger* zu bezeichnen wäre. Man versteht unter dieser Bezeichnung solche Stoffe, die nicht durch ihren Gehalt an Pflanzennährstoffen, sondern aus irgend einer andern Ursache, meistens durch irgend eine chemische Reaktion im Boden, infolge deren Nährstoffe verfügbar werden, sich wirksam erweisen. Auch hier ist nicht (wie zwischen keiner der andern Gruppen) eine strenge Grenze zu ziehen. So müßten alle indirekt wirkenden Düngemittel gleichzeitig auch als relative bezeichnet werden, obwohl es deren giebt, denen eine so allgemeine Wirksamkeit zukommt, daß schon die Empirie ihre Düngebefähigung erkannte. Trotzdem ist es nicht unzweckmäßig, eine derartige Unterscheidung zu machen, weil dadurch der Gesamtüberblick erleichtert wird.

In diesen gegebenen Rahmen werden wir jetzt suchen, die einzelnen wichtigeren Düngemittel einzupassen und sie der Reihe nach einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

Wir wenden uns in unseren Betrachtungen zunächst den wichtigeren natürlichen Düngestoffen zu. — In unserer vorläufigen Übersicht hatten wir erkannt, daß den *tierischen Exkrementen* eine ganz hervorragende Bedeutung in der Düngerwirtschaft zukommt, und warum dies nicht anders sein kann. Wir haben in den Auswurfstoffen unserer landwirtschaftlichen Nutztiere Substanzen kennen gelernt, die nicht bloß der Natur ihrer Entstehungsweise nach notwendig eine Zusammensetzung zeigen müssen, welche sie zu Düngestoffen absolut geeignet macht, sondern die außerdem auch keine andere erhebliche technische Bedeutung besitzen, welche sie etwa der Verwendung in der Landwirtschaft streitig machen könnte. — Zugleich haben wir uns eine Vorstellung davon verschafft, wie die Anwendung dieser und ähnlicher Düngemittel zum Pflanzenbau schon möglich war, ohne jede stichhaltige Vorstellung von dem Wesen der Pflanzenernährung.

Die tierischen Exkremente aber finden nun in der Landwirtschaft gewöhnlich nicht als solche Verwendung, außer beim Weidegang der Tiere oder der Methode des Pferchens auf Bauland, was freilich die einfachste Aufbringungsweise dieser Stoffe ist. Auch wo es sich, wie in einem großen Teile von Holland, ausschließlich um die Düngung von großen Wies- und Weideflächen handelt, erleidet die gestellte Regel manchmal eine Ausnahme, indem alsdann die Aufmerksamkeit des Wirtes auf eine möglichst große Menge von flüssigem Dünger gerichtet ist. Deswegen kann man doch im allgemeinen behaupten, daß, wenn die Auswurfstoffe vom Standort der Nutztiere auf das Feld hinausgebracht werden müssen, dies fast nie in unvermischter Form geschieht, sondern immer gemischt mit anderen Substanzen, die als *Einstreu* bezeichnet werden, da sie in den Stall und unter die Füße der Tiere eingestreut werden und so zum Einsaugen und Aufsammeln der Auswurfstoffe dienen. Das Gemenge der beiden Substanzen heißt erst *Mist* oder *Stallmist;* je nach der Tierart, von der die Auswurfstoffe stammen, *Kuhmist, Pferdemist, Schafmist* u. s. w.

Der Stallmist besteht also aus zwei konstituierenden Bestandteilen, und unsere Aufgabe wird es sein, denselben nicht bloß hinsichtlich der Tierart, von der die Exkremente stammen, sondern auch hinsichtlich dieser beiden Bestandteile ins Auge

zu lassen. Wir werden heute mit der Betrachtung des unabänderlichen Gemengteils aller Mistarten, der Exkremente unserer Haussäugetiere, beginnen, um dann später uns die Natur der Einstreu näher anzusehen. Der Weg, welcher zweckmäßigerweise, um sich einen Überblick über die Zusammensetzung dieser Stoffe zu verschaffen, eingeschlagen wird, ist bereits im Verlauf der ersten Vorlesung angedeutet worden: es ist dies die Betrachtung des tierischen Stoffwechsels in seinen Hauptzügen.

Die vegetabilischen Futterstoffe, von denen sich alle hierhergehörigen Tiere ernähren, werden bekanntlich von diesen durch das Maul aufgenommen, dort durch Kauen zerkleinert und gelangen mit dem Tränkewasser vermischt in den Magen, resp. die Mägen, um dort und in den mit ihm im kontinuierlichen Zusammenhang stehenden und in den After endigenden Därmen den Verdauungsprozeß durchzumachen. Bei manchen der hierhergehörigen Säugetiere, den sogenannten Wiederkäuern, welche mit der größten Verdauungsenergie begabt sind, gelangt die Futtermasse aus dem einen Magen noch einmal durch den Schlund aufwärts in das Maul zurück, um einer zweiten Kauung unterworfen zu werden — eine für die Futterausnutzung wichtige Modifikation des ganzen Prozesses, die uns aber hier nicht weiter berührt.

Ein je nach der Tierart und der verabreichten Futtermasse ziemlich verschiedener Anteil der der Verdauung unterworfenen Stoffe wird dabei (zum größten Teil durch die Einwirkung eigentümlicher, durch die Verdauungsdrüsen abgeschiedener Enzyme) in Lösung übergeführt und durch die den Verdauungskanal umgebenden Chylus- und kapillaren Blutgefäße resorbiert und gelangt so in chemisch verwandelter Form in das Blut und damit eigentlich erst in das organisch Innere des tierischen Körpers. Die auf diese Weise assimilierten Nahrungsstoffe dienen dann zum Aufbau der verschiedenen Organe des Körpers, zum Ersatz für die in demselben abgenutzten Stoffe, da das Blut vermöge seines weitverzweigten Laufs in feinen Kapillaren mit all diesen einzelnen Organen in Berührung kommt.

Zugleich tritt das Blut mit Hilfe anderer Verzweigungen des Gefäßsystems in die Lungen ein und oxydiert daselbst einen Teil der in ihm enthaltenen organischen Bestandteile oder nimmt vielmehr dort Sauerstoff auf, um ihn auf andere Gewebeteile zu übertragen.

Es ist für unsern Zweck nicht notwendig, auf die Details dieser Vorgänge einzugehen, wir können sogar die oben erwähnte Thatsache ganz unbeachtet lassen, daß die frisch assimilierten Bestandteile des Blutes teilweise für abgängige Gewebselemente eintreten und diese dann, als solche zerstört, aus dem Blute entfernt werden. Wir können die Sache, ohne in Bezug auf das von uns zu Beachtende einen Fehlschluß zu thun, so auffassen, als ob bei einem Tiere, dessen Körperzusammensetzung keine Veränderung erleidet, die neu assimilierten Blutbestandteile direkt der Zerstörung anheimfielen und nur bei einem in der Abnahme begriffenen Organismus die Gewebeteile des Körpers selbst einer Zerstörung unterworfen seien, obgleich die Sache sich streng genommen nicht so verhält. Alle Organe, auch die, welche sich scheinbar im Stoffgleichgewicht befinden, sind im Gegenteile einer stetigen Neubildung und Zerstörung unterworfen, wenn auch diese Thatsache der Geweberneuerung in populären Darstellungen oft stark übertrieben wird.

In der Lunge und durch die Haut der Tiere werden nun die flüchtigen Stoffe, welche aus der Zerstörung der Blutbestandteile resultieren, abgeschieden, nämlich die durch Verbrennung von organischen Substanzen erzeugte Kohlensäure und zugleich eine gewisse Menge Wasser. Der Verlust an organischer Substanz, welchen die Futterstoffe auf diese Art erleiden, beträgt infolge dieses Verbrennungsprozesses bei der gewöhnlichen Fütterungsweise unserer Haustiere ungefähr 50 %. Aus der Nahrung stammenden Stickstoff oder stickstoffhaltige Gase enthält aber die Atmungsluft für gewöhnlich nicht.

Die übrigen Spaltungsprodukte der zerstörten Blutbestandteile, die nicht flüchtiger Natur sind, werden in Wasser gelöst, durch die Nieren aus dem Blute entfernt, in der Harnblase angesammelt und schließlich als Urin nach außen entleert. In diesem Exkrete haben wir namentlich das stickstoffhaltige Spaltungsprodukt der in dem Blute zerstörten Proteïnstoffe zu suchen, und der Stickstoffgehalt des Harns giebt uns einen genauen Maßstab für die Größe des Stoffwechsels an diesen Substanzen, während uns die Kohlensäuremenge, die durch Lunge und Haut entfernt wird, das Maß angiebt für die Größe des Umsatzes an organischer Substanz überhaupt.

Auch die Aschenbestandteile, die großenteils unzertrennlich von ihren organischen Begleitern, welche unter ihrem Einfluß in der Pflanze Entstehung genommen und sich umgeformt haben, mit diesen aus dem Verdauungskanale in das Blut übergetreten sind, werden dann im Harn wiedergefunden. Auch sie sind in demselben, soweit sie wie der Schwefel in den organischen Pflanzenbestandteilen in reduzierter Form gegeben waren, großenteils wieder höher oxydiert und daher zur erneuten Pflanzenernährung wieder geschickter gemacht, während die festen Auswurfstoffe der Hauptsache nach aus dem Rest des Unverdaulichen oder Unverdauten bestehen, also die Pflanzenstoffe mehr in unveränderter Form einschließen.

Doch besteht hier gerade bei den uns interessierenden Pflanzenfressern ein eigentümliches Verhältnis, das zu berühren notwendig ist, wenn man die Verteilung der Aschenbestandteile auf Harn und Kot verstehen will. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß mit den Proteïnsubstanzen auch deren treuer Gefährte, die Phosphorsäure*), aus der Verdauungsmasse des Darms in das Blut mit übertritt, denn das Blut und die Gewebeteile, die es durchtränkt, sind phosphorhaltig. Ich brauche nur an die Knochen zu erinnern, um auf ein Gewebe von hohem Phosphorgehalt aufmerksam zu machen, welches wie die andern Gewebeteile auch nur aus dem Blute sich gebildet haben kann und sich durch das Blut fort und fort ernährt. Dennoch treffen wir in derjenigen Exkretionsflüssigkeit, welche wir als die Lösung der nicht flüchtigen Endprodukte des tierischen Stoffwechsels bezeichnet haben, gerade bei den Tierklassen, mit denen wir es hier vorzugsweise zu thun haben, keinen Phosphor an. Der Harn von Rindvieh, Pferd, Schaf ist phosphorsäurefrei oder enthält nur Spuren dieses Stoffes; der Schweineharn ist auch nach Genuß der meisten Futtermittel arm daran, während der Harn von Fleischfressern, also z. B. vom Hunde, eine sehr erhebliche und zu dessen Stickstoffgehalt in einem gewissen Verhältnis stehende Menge Phosphorsäure enthält. Damit steht dann die alkalische Reaktion des Harns jener Tiere, dessen Trübe und sein Aufbrausen mit Säuren im Zusammenhang, da es bei

*) Vergl. über dieses Verhalten Agrikulturchemie, I. Band, 18. Vorlesung, p. 278.

Abwesenheit der Phosphorsäure an fixen Mineralsäuren zum Sättigen der Alkalien und alkalischen Erden beinahe gänzlich fehlt.

Dieses eigentümliche Verhalten würde für die Pflanzenfresser gar nicht zu verstehen sein, wenn es nicht bekannt wäre, daß sich bei allen Tieren Flüssigkeiten aus dem Blute in der Form von Drüsenabsonderungen in den Verdauungskanal zurückergießen. Sämtliche Verdauungsflüssigkeiten sind solche Absonderungen, und wenn auch im allgemeinen angenommen werden kann, daß z. B. die enzymartigen Bestandteile jener Drüsensekretionen, nachdem sie ihren Dienst gethan, z. T. auch umgekehrt durch gemeinschaftliche Resorption mit der in Lösung übergeführten Verdauungsmasse wieder in das Blut zurückgelangen, so ist dies doch für die Absonderungen der größten aller Verdauungsdrüsen bei weitem nicht vollständig der Fall. Die Gallensubstanzen, welche in der Leber erzeugt werden, gehen, einmal mit dem Darminhalt vermischt, nur z. T. wieder in das Blut zurück, werden vielmehr großenteils mit den nicht resorbierbaren Resten des Darminhalts als Fäces abgeschieden; sie sind es, welche diesen die braune Färbung erteilen. Wir haben es also in diesen Gallensubstanzen mit Endprodukten des tierischen Stoffwechsels zu thun, welche nicht im Harne, sondern mit den Fäces entleert werden.

Damit ist also eine Möglichkeit gegeben, daß Stoffe, welche sich an dem Umsatz im tierischen Körper notwendig beteiligen, dennoch nicht in ihren nichtflüchtigen Resten im Harne nachgewiesen werden können. Wir haben dabei zu bedenken, daß gerade bei den Pflanzenfressern mit ihren ausgedehnten Verdauungswerkzeugen und ihren reichlichen und reichhaltigen Verdauungsflüssigkeiten jenes Verhalten eine besonders hervorragende Rolle spielen muß. Für den Phosphor haben wir nun jedenfalls eine derartige Abscheidungsweise anzunehmen, ohne daß wir freilich mit Sicherheit*) anzugeben im stande wären, auf welchem Wege und in welcher chemischen Form der Rückgang desselben aus dem Blute in den Verdauungskanal stattfindet.

Außerdem spielt vermutlich beim Zurückhalten der Phosphorsäure in den Darmausleerungen, soweit jene nicht eigentliches Stoffwechselprodukt ist, speziell auch der große Gehalt der Nahrung der Herbivoren an oxalsaurem Kali eine Rolle, indem lösliche Alkaliphosphate durch diesen Bestandteil in schwerlöslichen phosphorsauren Kalk verwandelt werden, während andererseits oxalsaures Alkali in das Blut gelangt und dem Harn nach der Oxydation der organischen Säure in Kohlensäure die alkalische Beschaffenheit giebt. Daher ist dann auch erklärlich, daß dieselben Tiere, wenn sie vorherrschend mit Körnern und Kleie ernährt werden, auch Phosphorsäure im Harn abscheiden. Daß es sich bei diesem Unterschiede z. T. um einen solchen infolge der verschiedenen Ernährungsweise handelt, geht vor allem auch daraus hervor, daß gerade der Harn der omnivoren Schweine gelegentlich eine Ausnahme macht, und daß eine solche Ausnahme auch gefunden wird für die Pflanzenfresser im jugendlichen Zustande, wo ihre Nahrung noch z. T. aus Milch besteht**).

Andere Aschenbestandteile der Futtermittel finden wir dagegen regelmäßig in dem Harn der pflanzenfressenden Haustiere wieder, ob in der ganzen Menge, in

*) Schon H. Rose hat übrigens die Asche der Ochsengalle reich an Phosphorsäure gefunden. Vergl. Jahresber. f. Chemie. 1849, p. 593. Vergl. auch Chem. Ber. 1895, R. 563.

**) Siehe über die Zusammensetzung des Kälberharns schon Landw. Versu[illegible] .82.

welcher sie an dem Stoffwechsel Anteil genommen haben, ist natürlich schwer zu sagen. Der Harn von Pferd und namentlich von Rind und Schaf ist, was uns besonders interessiert, außerordentlich kalireich; das Kali findet sich dabei aus soeben schon angegebenen Gründen größtenteils an Kohlensäure oder organische Säuren gebunden.

Der Schwefel wird teilweise mit dem Darmkot ausgeschieden, auch soweit er schon in den Stoffwechsel eingegangen ist, was daraus erhellt, daß man die Galle außerordentlich schwefelreich gefunden hat*), und ein normaler Gallenbestandteil, das Taurin**), das nachweislich teilweise mit den Exkrementen entleert wird, ein sehr schwefelhaltiger Körper, eine sogenannte Sulfonsäure, ist. Zu einem andern Teile finden wir den umgesetzten Schwefel im Harn, auch hier in der Form von Sulfonsäure***) oder von Sulfaten. In allen diesen Fällen wird, wie man sieht, auch dieses Element in relativ hoch oxydierter Form aus dem Tierkörper ausgeschieden.

So wie der Harn vorzüglich die nicht gasförmigen Endprodukte des Stoffwechsels enthält, so besteht der feste Kot, wie schon angedeutet, größtenteils aus den gar nicht in den Stoffwechsel eingegangenen Substanzen. Wenn man, um die oft gezogene Parallele zwischen tierischem Stoffwechsel und einem eigentlichen Verbrennungsprozeß auszubeuten, den Harn mit der Asche, die ausgeatmete Luft mit den Verbrennungsgasen vergleicht, so sind die festen Exkremente ein Gegenstück zu den durch den Rost gefallenen Holz- und Kohlenstückchen, welche dem Verbrennungsprozeß entgangen sind, entweder weil der Rost zu weit oder die Verbrennungstemperatur eine zu niedrige gewesen ist. Der Kot besteht nämlich, außer jenen im Verhältnis zu seiner Masse geringen Mengen Gallensubstanzen, aus den unverdauten Bestandteilen der verabreichten Nahrung, welche der Einwirkung der Verdauungsflüssigkeiten zum Trotz nicht in eine resorbierbare Lösung übergeführt werden konnten. Bei der Verabreichung von schwerverdaulichem sogenanntem Rauhfutter, wie Heu oder gar Stroh, ist der Prozentsatz an Unverdaulichem natürlich größer als bei leichtverdaulichem sogenanntem Kraftfutter, wie Körner und Futterkuchen.

Man darf sich nun aber unter diesen Bestandteilen nichts ein für allemal Konstantes denken, einen gewissen Prozentsatz von Stoffen für ein jedes Futtermittel, die nun einmal nicht verdaut werden *können*. Das Unverdaute ist vielmehr eine ziemlich komplizierte Funktion von der Gesamtmenge der verzehrten Futterstoffe und deren relativen Zusammensetzung aus einzelnen Nährstoffen†). Auch bezüglich dieses Verhaltens wäre es unschwer, die Parallele zwischen tierischem Stoffwechsel und einer Verbrennung im Ofen weiter zu verfolgen. Es finden sich unter den in den Fäces abgehenden unverdauten Stoffen immer solche, die unter Umständen recht gut hätten verdaut werden können und selbst von derselben Tierklasse oder dem-

*) Der Schwefelgehalt der trockenen Galle beträgt bei den hierhergehörigen Tieren mit Ausnahme des Schweines $3^1/_2$—$6^1/_2$%; vgl. Kühne: Physiol. Chem., p. 82.

**) Taurin hat die Zusammensetzung einer Amidosulfonsäure $NH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}SO_2\text{-}OH$.

***) Zeitschr. f. physiol. Chemie, 17, 459.

†) Vergl. z. B. die Abhandlungen von Stohmann: Landw. Versuchsst., 1869, p. 401, oder Zeitschrift für Biologie, 1870, H. 2; ferner Landw. Versuchsst., 13, p. 16 u. f., obgleich die an den angegebenen Orten gemachten Versuche einer streng mathematischen Formulierung als gescheitert zu betrachten sind.

selben Individuum bei einem nochmaligen Durchgang durch den Organismus verdaut werden würden, während die Bestandteile des Harns niemals wieder organische Nahrungsmittel sein können, selbst nicht für Geschöpfe von ziemlich entfernt stehender Lebensweise. Die Kenntnis dieses Verhaltens ist auch für unsere Betrachtungen von Bedeutung, da es mit Hilfe derselben leicht gelingt, eine Vorstellung von der abweichenden Zusammensetzung der Exkremente bei verschiedener Fütterung zu gewinnen.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen gehen wir zur Zusammensetzung der Exkremente selbst über und teilen zunächst Durchschnittszahlen, die für mittlere Umstände Geltung haben, mit.

Pferd.

	Kot.	Harn.	Gemisch beider.	% der Trockensubstanz.
Wasser	75,8 %	90 %	77,9 %	
Org. u. flüchtige Substanz	21	7	19	
darin Stickstoff	0,44 %	1,5 %	0,6 %	2,7
Gesamtasche	3,2	3	3,1	14
darin Phosphorsäure	0,32	0	0,3	1,4
darin Kali	0,35	1,6	0,5	2,3.

Rind.

	Kot.	Harn.	Gemisch beider.	% der Trockensubstanz.
Wasser	83,5 %	93,8 %	86,8 %	
Org. u. flüchtige Substanz	14,6	3,2	11	
darin Stickstoff	0,29 %	9,6 %	0,4 %	3
Gesamtasche	1,9	3	2,2	17
darin Phosphorsäure	0,17	0	0,13	1
darin Kali	0,1	1,3	0,6	4,6.

Schaf.

	Kot.	Harn.	Gemisch beider.	% der Trockensubstanz.
Wasser	65,5 %	87,5 %	68 %	
Org. u. flüchtige Substanz	31,4	8	28	
darin Stickstoff	0,6 %	1,9 %	0,9 %	2,8
Gesamtasche	3,1	4,5	4	13
darin Phosphorsäure	0,3—0,6	Spur	0,4	1,3
darin Kali	0,15	2,3	1	3.

Vorstehende Angaben, wobei die Zusammensetzung des Gemisches (selbstverständlich unter Berücksichtigung der relativen Menge von Festem und Flüssigem) berechnet wurde, können natürlich nur ein ungefähres Bild von der Zusammensetzung der Exkremente der drei wichtigsten landwirtschaftlichen Nutztiere geben. Überall, wo eine größere Anzahl von Untersuchungen zur Ermittelung der gegebenen Zahlen zu Gebote steht, da sieht man auch, daß die Zusammensetzung der Exkremente innerhalb ziemlich weiter Grenzen schwankt. Dies kann auch gar nicht anders sein, wenn man bedenkt, in welch unmittelbarer Abhängigkeit die tierischen Ausscheidungen on der Ernährung stehen, wie die Fütterung mit anders zusammengesetzten Mate-

rialien oder auch die Abänderung der Menge des aufgenommenen Tränkwassers genügt, um die Zusammensetzung der Auswurfstoffe gründlich umzustimmen. Deshalb sind auch die Schwankungen in Bezug auf die Zusammensetzung der Rindvieh- und Schafexkremente viel erheblicher als die der Pferdeexkremente. Rind und Schaf werden, weil es sich bei ihrer Nutzung um sehr verschiedene Dinge handelt, je nach der Art dieser Nutzung sehr verschieden gefüttert. Die Nahrung ist für Milchvieh, Mastvieh, Zugvieh und ebenso für Fleisch- und Wollschafe, für diese Tiere im extensiven oder intensiven Betriebe, häufig eine grundverschiedene, während die Pferde, mit Ausnahme allein von China, ausschließlich Arbeitstiere sind und demgemäß auch weit gleichartiger gefüttert werden.

Abgesehen von diesen Schwankungen in der Zusammensetzung der Exkremente, welche für die verschiedenen Tiere verschiedene Werte erreichen, sind indessen deutliche Zusammensetzungsunterschiede je nach der Tierart, von welcher sie stammen, zu bemerken, welche Unterschiede als durch die Untersuchungen sicher festgestellt zu betrachten sind und eine gewisse praktische Bedeutung für die Verwendung der einzelnen Mistarten besitzen. Es versteht sich von selbst, daß diese Unterschiede der Hauptsache nach auch auf verschiedene Fütterungen zurückgeführt werden müssen, welche die landwirtschaftliche Praxis, anschließend an das Bedürfnis und die Ausnutzungsfähigkeit der verschiedenen Tierklassen, gewählt hat, sowie namentlich auf den verschiedenen Wassergenuß dieser letzteren; denn es kann ja nicht zweifelhaft sein, daß ganz beliebige Tierarten, wenn es überhaupt gelingt, sie mit der prozentisch gleichen Fütterung und Tränkung auf dem ungefähren Stoffgleichgewicht zu erhalten, mit Ausnahme geringer Differenzen im Gehalt an Wasser und organischer Substanz (die von der etwas verschiedenen Atmung herrühren können) gleich zusammengesetzte Exkremente liefern müßten, wenn auch natürlich die Verteilung der einzelnen Stoffe auf Kot und Harn, die chemische Form der näheren Bestandteile etc. eine ungleiche sein könnte. Da aber auch die Elementarzusammensetzung der Gesamtausleerungen der verschiedenen landwirtschaftlichen Nutztiere einander ungleich ist, so ist dies im wesentlichen der verschiedenartigen Zusammensetzung der verabreichten Futterstoffe der einzelnen Tierarten zuzuschreiben, welche Verschiedenartigkeit aber natürlich in der verschiedenen Natur der Tiere begründet ist. Bei den Schafen speziell rührt die Konzentration der Exkremente wesentlich von dem sparsamen Wassergenuß dieser Tiere her.

Im ganzen können wir nun die verschiedenen Exkremente in ihrer Zusammensetzung folgendermaßen charakterisieren: Der Schafkot ist von allen der wasserärmste, dann folgt der Pferdekot; der Rindviehkot enthält die verhältnismäßig größte Wassermenge. Genau in demselben Verhältnis steht die Zusammensetzung des Harns der drei Tierklassen und also auch die der Gesamtausleerungen. Daß der Pferdemist von allen Mistarten am besten zur Selbsterwärmung übergeht, da wo er in größeren Mengen zusammengehäuft ist — eine Eigenschaft, auf welcher dessen Verwendung zur Mistbeetgärtnerei beruht —, ist also außer auf seine Konzentration noch auf spezifische andere Eigenschaften zurückzuführen. Jedenfalls spielt dabei außer dem Umstande, daß das Pferd im allgemeinen*) mehr mit Kraftfutter ernährt

*) Wenn bei der Rindviehhaltung Milch- oder Fleischproduktion beabsichtigt wird, ist diese häufig selbst intensiver als die Pferdefütterung, wie denn die Exkremente der

wird, die große Porosität seiner Ausleerungen eine große Rolle, welche Porosität z. T. mit dem Umstande im Zusammenhang stehen mag, daß die Pferde als nicht wiederkäuende Tiere in der mechanischen Zerkleinerung des Futters hinter Rind und Schaf zurückstehen.

Auch die gemischten Exkremente des Schafes sind also die konzentriertesten und enthalten dementsprechend mehr organische Substanz, mehr Stickstoff, mehr Asche, mehr Phosphorsäure, welche Gemische sich, wie man sieht, in ihrer Zusammensetzung mehr anlehnen an die der festen Ausscheidungen, da diese bei den Pflanzenfressern über die flüssigen vorzuherrschen pflegen. Nicht alle feineren Unterschiede, namentlich wenn man Harn und Kot gesondert betrachtet, lassen sich aber auf den verschiedenen Gehalt von Wasser zurückführen. So geht das Kali bei Schaf und Rind in noch größerem Verhältnis in den Harn über als beim Pferd, und der Rinderharn ist überhaupt relativ sehr reich an Aschenbestandteilen, reicher als der Rinderkot, ein Verhältnis, das jedenfalls mit der Intensität des Verdauungsprozesses im Zusammenhang steht und daher beim Pferde nicht angetroffen wird. Diese Unterschiede, die uns indessen an dieser Stelle nicht weiter interessieren, werden daher nur teilweise auf die gebräuchliche Ernährung durch verschiedene Futtermittel gesetzt werden können.

In betreff der mechanischen Eigentümlichkeiten der Auswurfstoffe der verschiedenen landwirtschaftlichen Tierarten ist dann noch besonders auf die schleimigen Eigenschaften des Rinderkotes aufmerksam zu machen, welche im Gegensatze stehen zu der schon erwähnten Porosität des Pferdekotes. Infolge hiervon wird die Luft durch eine rasch sich bildende Kruste abgeschlossen und der Rindermist bleibt dadurch lange unzersetzt. Aus diesem Grunde hat er mehr wie andere Mistsorten die Beimischung von porösen organischen Stoffen nötig, welche wir nachher unter dem Namen von Streu kennen lernen werden.

Dann muß weiter die allgemeine Bemerkung gemacht werden, welche alle Arten von tierischen Auswurfstoffen ungefähr in gleicher Weise betrifft, daß der Urin in allen Fällen prozentisch viel reicher ist an den eigentlichen pflanzenernährenden Stoffen mit Ausnahme der Phosphorsäure als die festen Exkremente, wozu dann noch kommt die sehr viel mehr aufnehmbare Form dieser Stoffe in den flüssigen Ausleerungen, die sogleich für den Stickstoff noch näher ausgeführt werden soll. Aus dieser Thatsache ergeben sich schwerwiegende Folgerungen für den hohen Düngerwert der Jauche und die große Schädigung desjenigen Stallmistes, aus dem dieselbe durch Nachlässigkeit oder absichtlich beseitigt wurde. Es ist dabei freilich nicht außer acht zu lassen, daß, wie schon gesagt, unsere pflanzenfressenden Haustiere im Gegensatz zu Fleischfresser und Mensch mehr Kot als Harn produzieren, so daß der erstere seiner großen Menge wegen für die Konstitution des Gemisches doch sehr in Betracht kommt. Außerdem ist derselbe natürlich entscheidend für die physikalische Wirkung im Boden, da die organischen Stoffe in demselben auch prozentisch sehr viel reichlicher vertreten sind.

Was die nähere chemische Zusammensetzung der Auswurfstoffe betrifft, so liegt auch in dieser Richtung eine Reihe von Untersuchungen vor, deren Resultate inso-

---

letzteren in obigen Mittelzahlen nur in Bezug auf P. u. Trockensubstanz einer intensiveren Fütterung entsprechen.

fern von Bedeutung sind, als sie uns namentlich Aufschluß verschaffen über die chemische Form, in welcher sich der Stickstoff des Harns befindet. Während im menschlichen Harn beinahe der gesamte Stickstoffgehalt in der Form von *Harnstoff* vorhanden ist und nur sehr geringe Mengen von Harnsäure und anderen stickstoffhaltigen Verbindungen daneben angetroffen werden, und sich der Hundeharn ganz ähnlich verhält, so daß beispielsweise in diesen Flüssigkeiten der ganze Stickstoffgehalt annähernd genau durch Titrieren des Harnstoffs ermittelt werden kann, spielt in dem Harn der Haussäugetiere neben jenem ein anderes stickstoffhaltiges Endprodukt des Stoffwechsels eine bedeutende Rolle, die *Hippursäure* *). Dieselbe ist weit kohlenstoffreicher wie der Harnstoff, sie hat die Formel $C_9H_9NO_3$, letzterer die Formel CH_4N_2O. Während dieser sich nach dem Verlassen des tierischen Körpers, zuweilen auch schon in demselben, unter Wasseraufnahme in kohlensaures Ammoniak verwandelt, spaltet die Hippursäure unter den gleichen Umständen gleichfalls unter Wasseraufnahme eine sehr kohlenstoffreiche Verbindung, die Benzoësäure, ab, während ihr Stickstoffgehalt in einem andern Spaltungsprodukt, dem Glykokoll, verbleibt, woraus zugleich die Konstitution der Hippursäure als Benzoylamido-Essigsäure erhellt. Die beiden Reaktionen verlaufen also, in Formeln ausgedrückt, in folgender Weise:

$$CH_4N_2O + 2H_2O = (NH_4)_2CO_3$$

Harnstoff. Wasser. Kohlensaures Ammoniak.

$$C_9H_9NO_3 + H_2O = C_2H_5NO_2 + C_7H_6NO_2$$

Hippursäure. Wasser. Glykokoll. Benzoësäure.

Weiter erleidet dann das Glykokoll, das seiner Konstitution nach als Amidoessigsäure betrachtet wird, Zersetzungen, bei denen schließlich auch Ammoniaksalze resultieren.

Im tierischen Körper entsteht vermutlich die Hippursäure auf umgekehrte Weise, d. h. aus Glykokoll (welches als intermediäres Stoffwechselprodukt im Tierkörper vielfach vorkommt), da sie im Harn besonders leicht nach Genuß von Benzoësäure oder von Substanzen, welche diese Säure liefern können, auftritt.

In sich selbst überlassenem Mist von Tieren, gleichgültig ob deren Harn außer Harnstoff auch noch Hippursäure enthält, werden wir daher wesentlich nicht diese Stoffe, sondern Ammoniak als Träger des Stickstoffs zu erwarten haben. Die betreffenden Umsetzungen erfolgen im Miste und in der Jauche sehr rasch **). Wir wissen aber, daß auch, wenn diese Zersetzungen nicht rasch genug oder nicht vollständig erfolgen sollten, die genannten stickstoffhaltigen Stoffe zur Not auch als direkte Pflanzennahrung dienen können; wenigstens ist dies Verhalten für Harnstoff, Hippursäure und Glykokoll mit ziemlicher Sicherheit nachgewiesen ***).

---

*) So genannt, weil sie von Liebig zuerst im Pferdeharn entdeckt wurde. — Über die Entstehungsbedingungen dieses Stoffes im Harn der Pflanzenfresser vergl. die ältere Litteratur in Kühne: Physiol. Chem., 1868, p. 500—503, u. später Journ. f. Landw., 1870, Jahresber., p. 180; Stutzer: Landw. Versuchsst., B. 18, p. 364.

**) Vergl. hierüber die ausführlichen Versuche v. Heiden: Ber. Pommritz, 1883. In der Erde geschieht diese Umsetzung an sich etwas langsamer, zumal in den unteren Schichten. Vergl. O. Kellner: Landw. Jahrb., 1886.

***) Vergl. Lehrbuch der Agrikulturchemie, I. Band, die 12. Vorlesung, p. 190.

Um einen Anhaltspunkt über die Quantität des Vorkommens der Hippursäure neben dem Harnstoff in dem Harne der Haussäugetiere zu gewinnen, mögen folgende Angaben dienen: Boussingault*) fand im Pferdeharn 3,1 % Harnstoff und nur 0,47 % hippursaures Kali, so daß in diesem Falle die Stickstoffmenge, welche in Form von Hippursäure (bei dem geringen Stickstoffgehalt dieses Körpers) vorhanden war, geradezu gegen den Stickstoff in Gehalt von Harnstoff verschwindet. Etwas anders gestaltet sich indessen das Verhältnis im Rindviehharn. Im Mittel von 8 Versuchen fanden Henneberg und Stohmann im Kuhharn 0,85 % Hippursäure auf 1,1 % Harnstoff, und Boussingault fand hierfür ein ganz ähnliches Verhältnis. Im Harne der Schafe scheint sogar die Hippursäure in der Regel, wenigstens nach Ernährung mit Heu und Stroh, den Gehalt an Harnstoff absolut zu übersteigen. Henneberg fand**) ein Verhältnis von 3 : 2, so daß immerhin ein Fünftel des Gesamtstickstoffs in der Hippursäure enthalten war, da der Harnstoff 46,67 %, die Hippursäure nur 8,24 % von diesem Elemente enthält.

Die *Harnsäure* endlich, welche in dem Harne des Menschen und der Fleischfresser in nicht ganz unerheblichen Mengen vorkommt, bei Vögeln und bei vielen Reptilien das beinahe ausschließliche Endprodukt des Umsatzes von Proteïnsubstanzen ist, kommt im Harne der pflanzenfressenden Haustiere nicht in beachtenswerter Menge vor, obschon sie hie und da qualitativ in demselben nachgewiesen werden konnte***).

Die Exkremente des *Schweins*, die zumal für den kleineren Landwirt eine gewisse Bedeutung als Düngemittel besitzen, sind nicht mit jenen andern besprochen und für eine besondere kurze Behandlung aufgespart worden, weil sie je nach der Ernährung dieser Tierart eine äußerst verschiedene Zusammensetzung besitzen. Die Schweine werden nun einmal in der Regel — wir haben nicht zu untersuchen, ob zweckmäßiger- oder unzweckmäßigerweise — mit allen möglichen Abfällen ernährt; kein Wunder, daß auch die Auswurfstoffe dieser Tiere eine sehr variierende Beschaffenheit besitzen. Daher stammt denn auch die weit auseinandergehende Beurteilung des Schweinemistes bei einzelnen Landwirten. Während ein landwirtschaftlicher Schriftsteller des alten Roms geradezu ausspricht, der Schweinemist tauge nichts (woraus gleichzeitig ein Rückschluß auf die Art der Schweinefütterung bei den Römern möglich ist), sehen wir ihn andererseits bisweilen, natürlich besonders in den Fällen intensiver Fütterung, ziemlich hoch geschätzt.

Die Zahlen, die in Bezug auf die Zusammensetzung der Schweineexkremente nach der verhältnismäßig geringen Zahl der bis jetzt angestellten Analysen mitgeteilt werden können, bezeichnen voraussichtlich bei weitem nicht die weitesten Grenzen, die mit Sicherheit angenommen werden dürfen.

Es wurden gefunden:

	Kot.	Harn.	Gemisch beider.
Wasser	79—84 %	97,5 %	82—87 %
Org. Substanz	10—15	1,5—2,8	9—14
Stickstoff	0,6—0,7 %	0,25—0,4 %	0,5—0,6 %

*) Vergl. über diese und einige folgende Angaben Heiden: Düngerlehre, B. II, p. 31, 37, 44, 45.

**) Vgl. Journ. f. Landw., 1870, p. 200.

***) Vergl. Kühne: Physiol. Chem., p. 486.

	Kot.	Harn.	Gemisch beider.
Asche	3—5	1,0—1,5	3—4
Phosphorsäure	0,1—0,4	0,1	0,1—0,2
Kali	0,3	0,7—0,8	6,5.

Immerhin läßt sich aus diesen Angaben ersehen, daß die Ausleerungen des Schweines meist ziemlich verdünnter Natur sind und hinsichtlich des Wassergehalts nur bisweilen von denen des Rindviehs übertroffen werden. Besonders auffallend erscheint für den Schweineharn dessen sehr geringer Substanzgehalt, der noch weit hinter dem des Rindes zurücksteht. Daraus kann man schließen, daß z. B. der nicht ganz geringe Stickstoffgehalt der Gesamtausleerungen des Schweines doch nicht viel für die Düngebefähigung dieser Stoffe zu bedeuten hat, da die Hauptmenge desselben sich auf die unverdauten stickstoffhaltigen Bestandteile des Kots zurückführen läßt, denen nur eine geringere Bedeutung als Pflanzennährmittel zukommt, da sie auch im Boden sich als schwer zersetzbar erweisen werden. Man vergleiche damit das Stickstoffverhältnis in Harn und Kot für die drei anderen landwirtschaftlichen Nutztiere. — Etwas Ähnliches läßt sich auch wahrscheinlich für einzelne Aschenbestandteile aussagen. Doch gelten, wie schon angedeutet, diese Regeln mehr für die Ausscheidungen des Schweines bei der gewöhnlichen wässerigen Fütterung mit Abfällen aller Art.

Hippursäure scheint der Schweineharn nicht zu enthalten, sondern beinahe allen Stickstoff in Form von Harnstoff; dagegen enthält derselbe namentlich nach gewisser Fütterung (mit Kleie) erhebliche Mengen von Phosphorsäure, er reagiert daher häufig sauer, in seltenen Fällen ganz schwach alkalisch zum Unterschied von dem Harn jener anderen Säugetiere, der stets alkalisch reagiert und mit Säuren braust.

Weiter hätten wir dann noch der *Auswurfstoffe des Federviehs* Erwähnung zu thun, die bekanntlich für die Landwirtschaft nicht ohne Bedeutung sind. Besonders bei den alten *Römern* standen der Taubendung und die Exkremente anderer Vögel, welche auf den Landgütern ganz regelmäßig und, wie es scheint, z. T. eigens der Düngerproduktion wegen gehalten wurden, in hohem Ansehen*). Obgleich nun derartige Düngestoffe in unserer heutigen Landwirtschaft wegen der geringen Ausdehnung der Geflügelzucht keine hervorragende Rolle mehr spielen, so ist es doch der Vergleichung wegen interessant, einiges wenige von der Zusammensetzung dieser Stoffe kennen zu lernen, um so mehr, als wir bald einen als Fossil sich ablagernden Vogeldung kennen lernen werden, der für unsere modernen Verhältnisse von der allergrößten Bedeutung war und z. T. noch ist.

Im Mittel mehrerer Analysen wurde gefunden**):

	Taubenkot.	Hühnerkot.	Entenkot.	Gänsekot.
Wasser	62 %	65 %	53 %	82 %
Organ. Substanz	31—32	21—26	40	14
Stickstoff	1,2—2,4 %	0,7—1,9 %	0,8	0,6 %

*) Siehe darüber die geschichtlichen Angaben Heidens (dessen Düngerl., II, p. 243) und namentlich Hlubek: Beleuchtung d. org. Chem. etc., 1842, p. 59.

**) Vergl. Ulrich: Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1900, p. 3. In diesen Angaben sind auch ältere Analysen benutzt.

	Taubenkot.	Hühnerkot.	Entenkot.	Gänsekot.
Asche	6--7	9—14	7	4
Phosphorsäure	2	0,5	--	0,4
Kali	1—2	0,6	—	0,4.

Der natürliche oder durch Verunreinigung in die Exkremente gelangte Sandgehalt wurde als zufälliger Gemengteil durch Berechnung eliminiert.

Diese Analysen, so unvollständig sie immerhin sein mögen, erlauben doch ein ungefähres Urteil über die relative Konzentration und den Düngerwert der einzelnen Vogelkotarten.

Der *Taubenkot* steht durch seinen ungewöhnlichen Reichtum an Stickstoff, welchen letzteren wir dazu großenteils in einer leicht zugänglichen Form, als Harnsäure, vorhanden denken müssen, über allen bisher betrachteten Auswurfstoffen. Die Gesamtausleerungen des Schafes, das sonst die stickstoffreichsten Exkremente liefert, sind weit ärmer an diesem Bestandteil. Der *Hühnerkot* steht in dieser Hinsicht dem Taubenkot nahe, während *Gänsekot* und der von *Enten* stickstoffärmer ist und hierdurch allein schon die Meinung der Alten rechtfertigt, welche diese letzteren Auswurfstoffe trotz ihrer sonstigen Hochschätzung des Vogeldungs verwarfen*). Dieser auffallende Unterschied wird uns leicht verständlich, wenn wir die Ernährung unserer Hausgeflügelarten erwägen. Die Tauben ernähren sich mit Vorliebe von Körnern und namentlich von den stickstoffreichen Körnern der Leguminosen (Wicken); Gänse fressen wie die Enten besonders krautartige Pflanzenteile und gelegentlich grüne Wasserpflanzen (z. B. Lemna), während die Hühner in ihrer Ernährung mehr in der Mitte stehen.

Über den Gehalt jener einzelnen Auswurfstoffe an Aschenbestandteilen wollen wir wegen unzulänglicher Angaben in dieser Richtung keine voreiligen Reflexionen anstellen. Auf die augenfällige Übereinstimmung des Gänsekots mit den Gesamtausleerungen des Schweins wäre einstweilen hinzudeuten, wenn auch bei der Variation der Zusammensetzung beider Stoffe einem solchen Hinweis nur ein beschränkter Wert beigelegt werden darf.

*) Vergl. Heiden: a. a. O., p. 244.

Dritte Vorlesung.

Der Stalldünger. — Die Einstreu. — Berechnung der Zusammensetzung des Stalldüngers.

Nachdem wir uns am Ende der vorigen Vorlesung über die Zusammensetzung der Exkremente unserer Haustiere im allgemeinen orientiert haben, werden wir nun zunächst das andere Element, welches mit jenem zusammen den Stallmist bildet, etwas näher ins Auge zu fassen haben. Es ist bekanntlich eine in der Landwirtschaft aller Völker sehr allgemein verbreitete Gewohnheit, die Exkremente nicht für sich aufzusammeln und zu verwenden, sondern hierzu eigenartige poröse Materialien zu benutzen, welche mit dem Namen *Streu* oder *Einstreu* belegt werden. Nur in Gegenden mit ausschließlicher Weidewirtschaft, wo man bei Mangel an Stroh aus naheliegenden Gründen mehr Bedürfnis hat an flüssigem Dünger als an voluminösem Stallmist, der nur da, wo er untergepflügt werden kann, erwünscht ist, also z. B. in den niederländischen Provinzen Nord- und Süd-Holland, wird die Einstreu auf ein Minimum beschränkt; manchmal steht dafür nur ein wenig Sand zur Verfügung, der mehr das gute Aussehen retten muß und wird alsdann das flüssige Gemisch der Auswurfstoffe nach einer Jauchengrube (holländisch: Gierkelder) abgeleitet, wodurch die in jenen Gegenden herrschenden eigentümlichen Stalleinrichtungen z. T. mit bestimmt werden. In anderen Weidegegenden, z. B. manchen Gebieten der Schweiz und in anderen Gegenden von Holland, hilft man sich auf andere Weise dadurch, die Streu nach der Auslaugung des Düngers auf der Weide wieder zusammenzurechen und sie abermals zu benutzen. Das alles sind aber doch nur Ausnahmen.

Im allgemeinen entsteht Stalldünger aus den Auswurfstoffen plus der Streu. Selbstverständlich ist nun der aus beiden Elementen hervorgehende Stallmist in seiner Zusammensetzung und seinen düngenden Eigenschaften nicht bloß abhängig von der Beschaffenheit der Exkremente, sondern ebenso von der Beschaffenheit dieser Einstreu, welche letztere deshalb eine gewisse Beachtung verdient.

Die Bedeutung der Einstreu ist eigentlich eine doppelte. In erster Linie wurde sie vermutlich gegeben, um den Stalltieren ein warmes, trockenes und zugleich reinliches Lager zu geben. Dann ergab sich aber bald, daß auf diese Weise mehr und besserer Dünger bereitet werden konnte. Bei Pferden, zumal in Kasernen und Ställen, mag der erste Gesichtspunkt zuweilen der allein maßgebende gewesen sein. Allgemein und speziell in der Landwirtschaft ist er es sicherlich nicht, wie am besten die Stalleinrichtungen der beiden Provinzen Holland beweisen, bei welchen vollkommene Reinlichkeit auch ohne Streu auf die Weise bewerkstelligt wird, daß der Stand der Kühe kurz ist und so die Exkremente beinahe von selbst in die hinter dem Stande verlaufende Gosse gelangen. Jedenfalls ist es für uns nur von Gewicht, den zweiten

Gesichtspunkt ins Auge zu fassen, der aber selber wieder von verschiedenen Seiten beleuchtet werden muß.

Zunächst ist einiges zu sagen von der Bedeutung der Einstreu in Bezug auf die Konservierung der Exkremente. Wir werden daraus ersehen, daß der Nutzen der Streu für die Wirkung des resultierenden Düngers nicht etwa allein in ihrer eigenen Düngebefähigung liegt. — So hätten wir denn über die Zersetzungsfähigkeit der Exkremente und deren Einfluß auf den Düngerwert zu reden.

Die tierischen Auswurfstoffe haben wie die meisten organischen Substanzen, wenn sie mit Wasser imprägniert sind, die Fähigkeit, eine Reihe von Zersetzungen durchzumachen, die beinahe alle mit der Entwickelung von niedrigen Organismen in Beziehung stehen. — Von diesen Vorgängen sind für unsere Betrachtung zunächst zwei von Belang: die Oxydationserscheinungen, durch welche organische Substanz zerstört wird, und die Umsetzungen stickstoffhaltiger organischer Substanzen, durch welche flüchtiges Ammoniak entsteht. Wir werden aber später noch andere kennen lernen. Durch den ersten Vorgang wird die organische Substanz des resultierenden Düngers und somit dessen Fähigkeit, in der Ackererde Kohlensäure zu entwickeln, sowie eine Reihe von wichtigen physikalischen Funktionen auszuüben, vermindert. Schon daraus ist deutlich ersichtlich, daß, wenn auch gewisse Zersetzungserscheinungen im Miste geradezu als qualitätsverbessernd erscheinen und darum absichtlich begünstigt werden, jene Vorgänge doch einen Verlauf nehmen *können,* der schädlich ist, und der in diesem Falle darum so gut als möglich vermieden werden muß.

Man kann nun sagen, daß eine jede zu rasch verlaufende, zu energische Zersetzung des Mistes mit Bildung von viel Ammoniak in flüchtigem Zustande verbunden ist, daher auch der rasch sich zersetzende Pferdemist so leicht zur Entwickelung des scharfen Ammoniakdunstes Veranlassung giebt, und daß eine derartige Zersetzung durch Beimischung anderer nicht in dem Grad zersetzbarer Stoffe, die eine Verdünnung dieser bewirken, gemäßigt wird. Dabei spielt jedenfalls die Temperatursteigerung durch den Zersetzungsprozeß, welche das weitere Fortschreiten desselben begünstigt, durch Zumischen anderer Stoffe aber herabgedrückt wird, eine Rolle. Freilich hat die spätere bakteriologische und chemische Forschung erkannt, daß in Bezug auf die Düngergärung viel kompliziertere Umstände herrschen und daß der hier besprochene Umstand nicht einmal eine sehr hervorragende Rolle spielt. Aber, da wir erst später Gelegenheit finden werden, diese Komplikationen zu besprechen, so mag derselbe hier zur vorläufigen Orientierung stehen bleiben.

Eine weitere Bedeutung der Streu beruht dann natürlich auf ihrer Befähigung, flüssige Stoffe aufzusaugen, breiigen eine gewisse Konsistenz zu geben und so die Aufsammlung derartig beschaffener Exkremente sehr zu erleichtern. — In letzter Linie ist dann auch auf den eigenen Gehalt der Einstreumaterialien an düngenden Stoffen, welche z. T. erst durch die Vermischung mit jenen leicht zersetzbaren aufgeschlossen und nutzbar gemacht werden, und ebenso auf die physikalische Düngerwirkung jener Substanzen hinzudeuten. Alle diese verschiedenen Eigenschaften beeinflussen natürlich den Düngerwert der aus Exkrementen und Streu hervorgehenden Stallmistsorten.

Das bekannteste und weitverbreitetste Streumaterial ist das *Stroh,* die nach dem Reifen vergilbten Stengel und Blattteile unserer Getreidearten und einiger anderen

unserer Kulturgewächse. Schon der etymologische Ursprung des Wortes „Stroh“ deutet dieses Verhältnis an. Das Getreidestroh, in sehr großen Mengen alljährlich produziert, hat nur eine beschränkte technische Verwendung, ist als menschliches Nahrungsmittel wertlos und kann auch als Futterstoff meistens nicht in dem Maßstab Verwendung finden, als nach den gewöhnlichen Betriebsmethoden davon zur Verfügung steht. Somit erscheint die übliche Verwendung des Strohes als Streumaterial durchaus begreiflich. Das Gesagte schließt darum nicht aus, daß es Kulturperioden und Betriebsmethoden giebt, für die eine Verwendung ganz anderer Materialien als Einstreu am Platze erscheint — und es wird leicht sein, die Umstände zu bestimmen, unter denen etwas Derartiges eintreten wird. Dasselbe spricht nur aus, daß derartige Verhältnisse selten sind.

Es ist weiter leicht einzusehen, daß das Stroh außer der wirtschaftlichen auch die physikalische Befähigung als Streumaterial besitzt. Als bloßes Verdünnungsmittel und um einen zu energischen Zersetzungsprozeß der Auswurfstoffe zu verhüten, könnte freilich ein jeder fein verteilte Körper dienen; allein das Stroh zeichnet sich infolge seiner eigentümlichen Struktur, namentlich der Stengelhöhlungen, durch eine erhebliche Wasserkapazität aus, so daß es große Mengen von flüssigen Ausleerungen in sich aufsaugen kann, diese in sich aufsammelt und dadurch zugleich den Tieren ein trockenes Lager bereitet. Weiter besitzt das Stroh, da es selbst Teil einer Pflanze gewesen ist, einen gewissen Düngerwert, den wir nachher näher zu erörtern haben werden.

Neben dem Getreidestroh spielt das Stroh von anderen Kulturpflanzen, z. B. Raps, seltener das von Erbsen und Bohnen, welches seines hohen Eiweißgehaltes wegen noch mehr als Futterstoff Bedeutung hat, gelegentlich auch eine Rolle als Einstreu. In ausgedehnterem Maßstabe sehen wir aber auch Materialien ganz anderen, wenn auch pflanzlichen Ursprungs, die sogenannte *Waldstreu*, zu dem gleichen Zwecke in Anwendung kommen. Die Waldstreu besteht aus Produkten oder Abfällen der Forstwirtschaft und kann unterschieden werden in Laub- und Nadelstreu. Die erstere besteht aus den im Herbste fallenden Baumblättern, welche vielfach nach bestehenden Gerechtsamen oder schwer auszurottenden Gepflogenheiten von den kleinen Landleuten auch im Walde fremder Eigentümer oder der Domänen gesammelt und daraus fortgenommen werden dürfen; die letztere mit aus den mit Nadeln besetzten Zweigen des gefällten Nadelholzes, welche jedoch der Natur der Sache nach nur in beschränktem Maßstab Verwendung finden können, oder aus den abgefallenen Nadeln. Außerdem wird auch noch häufig sogenannte Moosstreu, bestehend aus der niedrigen Vegetation des Hochwaldes, Farren, Moosen und dergleichen, zum gleichen Zwecke benutzt.

In dasselbe Kapitel mit der Waldstreu gehört dann auch die Streu, welche die Heide gewährt, die *Plagge*, obschon diese, da sie wie ein Stück Rasen vom Boden weggehackt oder geschaufelt wird, zu einem wenigstens ebensogroßen Teile aus Erde, resp. Sand besteht als aus Pflanzenmasse. Aber die letztere ist doch mehr der Bestandteil, auf welchen es bei der Nutzung ankommt.

Neben diesen und anderen Abfällen pflanzlicher Natur finden dann auch, namentlich wo es an diesen fehlt, *rein erdartige Mineralien,* Torf oder Erde selber, als Einstreu Verwendung. Diese können natürlich in Bezug auf die Aufsaugung der

flüssigen Auswurfstoffe, auf Mäßigung der Zersetzungserscheinungen dasselbe leisten wie jene vegetabilischen Substanzen; ein Gleiches kann jedoch nicht gesagt werden hinsichtlich des eigenen Düngerwertes dieser Streumaterialien und auch vielleicht nicht hinsichtlich der Reinlichkeit des Standes der Tiere, obwohl man bei Pferden mit der Torfstreu in der letzten Zeit sehr günstige Erfahrungen gemacht hat. Bei Benutzung von Erde kann natürlich nichts Allgemeines von dem Düngerwert derselben ausgesagt werden, immerhin wird dieser im Vergleich mit dem jener vegetabilischen Stoffe ein verhältnismäßig geringer sein. Über die Torfstreu kann schon eher ein Urteil von einiger Gemeingültigkeit ausgesprochen werden.

Unsere Aufgabe wird zunächst darin bestehen, die Zusammensetzung jener vegetabilischen Materialien, die gewöhnlich zur Einstreu benutzt werden, und deren Menge, in welcher sie dem Stallmiste einverleibt zu werden pflegen, einer Betrachtung zu unterwerfen, daneben aber auch einen Blick auf die physikalische Beschaffenheit der einzelnen Streumaterialien zu werfen.

	Getreidestroh.	Leguminosenstroh.	Laubstreu.	Plaggen*).
Wasser	12—21 %	12—22 %	13—15 %	5—8 %
Org. Substanz	75—83	76—83	78—81	20—25
Stickstoff	0,4—0,8 %	1,2—2,0 %	0,8—1,4 %	0,3—0,6 %
Asche	3—8	3—9	4—6	70—76
Phosphorsäure	0,2—0,3	0,3—0,4	0,2—0,3	0,1
Kali	0,5—1,1	0,6—1,8	0,2—0,4	0,1.

In Bezug auf die Zusammensetzung dieser Streuarten und auf die Veränderungen, welche der Mist durch die Einverleibung derselben erleidet, kann also gesagt werden, daß durch diese Stoffe der Gehalt eines Düngers an Trockensubstanz, sowie speziell an organischen Substanzen, ansehnlich erhöht werden muß, daß ebenso der Stickstoffgehalt des Rindviehmistes durch Einverleibung selbst des stickstoffarmen Getreidestrohes eher vermehrt als vermindert wird. Sogar die stickstoffreichen Ausleerungen des Schafes sind im natürlichen wasserhaltigen Zustande kaum reicher an diesem wichtigen Düngestoff als manche Getreidestroharten und weit ärmer als das nährstoffreiche Stroh der Leguminosen.

Doch haben wir neben dem Gehalte die Zugänglichkeit, die chemische Form dieses Nährstoffs in Betracht zu ziehen und zu bedenken, daß der Stickstoff der Exkremente, namentlich des beigemischten Harns, großenteils in Gestalt jener leicht zersetzbaren Stoffwechselprodukte, welche wir als unmittelbare Pflanzennahrung betrachten können, vorhanden ist, der Stickstoff älterer Pflanzenteile, aus welchen die löslichen Eiweißstoffe in Gesellschaft von Kaliphosphat**) schon wieder ausgewandert sind, dagegen in jener unzugänglichen Form, in der er häufig auch nach weit vorgeschrittenem Verwesungsprozesse nicht für eine neue Vegetation verfügbar wird, sondern sich in der Ackererde in den sogenannten humosen Stoffen anhäuft***).

---

*) Nach an der Versuchsstation zu Wageningen ausgeführten Analysen. Noch lebende Pflanzenteile sind natürlich nährstoffreicher als abgestorbene und desto reicher, je reicher der Boden, auf dem sie gewachsen. So erreichen Rohrschilf und Riedgräser auf Kleiboden häufig den Stickstoffgehalt des Leguminosenstrohs.

**) Vergl. namentlich Tucker u. Tollens: Chem. Ber., 1899, p. 2575.

***) Vergl. die 5. Vorlesung des I. Abschnitts Bodenkunde, p. 72.

In betreff der wertvollen Aschenbestandteile ist darauf hinzudeuten, daß der Mist durch Einverleibung der strohartigen Streumaterialien auch an diesen Stoffen absolut (wenn auch manchmal nicht relativ) reicher wird, daß aber auch in diesem Falle die Aschenbestandteile der Exkremente unmittelbar einen größeren Wirkungswert besitzen müssen, weil sie großenteils schon ohne tiefer eingreifende Verwesungsprozesse dem Pflanzenwachstum zur Verfügung stehen. Es ist unnötig, diese Dinge, die nach den früher gemachten Ausführungen ganz selbstverständlich erscheinen, hier weiter auszuführen.

Die Nützlichkeit einer großen Menge wenn auch langsam verwesender organischer Substanzen im Boden bedarf nach der früheren ausführlichen Darstellung dieses Gegenstandes keines weiteren Hinweises; sie beruht aber bei der Einstreu auch wesentlich auf der rein mechanischen Beschaffenheit derselben, welche dem Boden allerlei für das Pflanzenleben nützliche Eigenschaften, z. B. den schweren Böden Lockerheit, den leichten Bindigkeit, d. h. in Hauptsache eine bessere Wasserkapazität, wodurch auch das Verstäuben verhindert wird, mitteilt. Nur Böden von der äußerst lockeren Beschaffenheit von neukultivierten abgegrabenen Moorböden ist die Beimengung solcher losen Bestandteile im Dünger geradezu schädlich.

Was dann die erdartigen Streumaterialien angeht, so können wir wenigstens von der seit lange durch die Agrikulturchemiker empfohlenen, nach und nach mehr in Aufnahme gekommenen Torfstreu Angaben über mittlere Zusammensetzung machen. Torfstreu wird gegenwärtig in einigen Mooren Norddeutschlands und Hollands fabrikmäßig aus den Abfällen der Torfgräbereien dargestellt. Es dient dazu namentlich der in den Hochmooren obenaufliegende lose als Brennmaterial nicht zu (benutzende) Moostorf (Bonkaarde holl.). Eine Analyse*) des Materials an der Versuchsstation zu Wageningen ergab:

Wasser	19 %	
Organ. Substanz	78,9	
Stickstoff darin		0,8 %
Asche	2,1	
darin Phosphorsäure		0,04
„ Kali		0,04.

Also gegenüber den pflanzlichen Abfällen, die als Streumaterial dienen, ist hier die Armut an nährenden Aschenbestandteilen charakteristisch. Der Reichtum der Torfstreu an Stickstoff erscheint in Anbetracht desjenigen, was wir früher über den Wert des Stickstoffs der Humusstoffe gesagt haben, zunächst auch nicht von großer Bedeutung. Mehr hervorstechend sind die Eigenschaften der Torfstreu in physikalischer Hinsicht, namentlich durch ihre große Wasserkapazität**).

Es bleibt uns nämlich noch übrig, die verschiedenen zur Einstreu benutzten Substanzen hinsichtlich ihrer sonstigen Fähigkeit, auf die Beschaffenheit des mit ihrer Hülfe bereiteten Mistes einzuwirken, zu untersuchen. In erster Linie kommt dabei die Wasserkapazität der verwendeten Materialien in Betracht; denn diese ist es offen-

*) Viele Analysen bei Fleischer: Die Torfstreu, 1890, p. 22.

**) Auch hat man gefunden, daß durch dieselbe der berüchtigte Denitrifikationsprozeß, von welchem noch die Rede sein wird, am wenigsten begünstigt wird.

bar, welche den gelassenen Harn am Ablaufen verhindert und aus den verschiedenen Auswurfstoffen ein Ganzes macht.

Es liegen einige, wenn auch kaum miteinander vergleichbare Untersuchungen über die Wasserkapazität der verschiedenen Einstreumaterialien vor. Heiden hat für Stroharten solche angestellt, indem er kleine Bunde von Stroh ein oder zwei Tage unter Wasser legte, herausnahm und nach verschiedenen Perioden des Liegens an der Luft wog. Das von den. einzelnen Stroharten zurückgehaltene Wasser war ziemlich gleich. Es liegen ferner für die Waldstreu, abgefallenes Laub und Nadeln, sowie Nadelholzreisig einige Beobachtungen in derselben Richtung vor*), und die Zahlen, die für die wasserhaltende Kraft dieser Streumaterialien gefunden worden sind, lauten z. T. erheblich günstiger als die für Stroh ermittelten.

Praktisch gilt dies indessen nur für das als Streu verwendete Laub, da ja Nadelstreu der Natur der Dinge nach in der Regel nur als minder taugliches Reisig verwendet wird; und selbst für das Laub ist zu berücksichtigen, daß dasselbe in der Regel feucht gesammelt wird, also schon eines Teils seiner Aufsaugungsfähigkeit verlustig gegangen ist. Erde ist nur nach dem Raume gemessen dem Stroh ein wenig überlegen, während das Gewicht von beizuführender Erde unter den günstigsten Umständen ein vielfaches ist. Torfstreu kann dagegen bei ihrem sehr geringen Volumgewicht leicht ihr drei- bis vierfaches Gewicht an flüssigen Exkrementen aufsaugen**).

Wenn man nun aber nach diesen Resultaten ohne weiteres die physikalische Befähigung der einzelnen Materialien, als Einstreu zu dienen, abschätzen wollte, so würde man zu einem sehr schiefen Urteile gelangen, das mit den Anschauungen der Praxis in direktem Widerspruche stünde.

Trockene Laubstreu müßte der bloßen Aufsaugungsfähigkeit nach dem Stroh übergeordnet werden; dennoch spricht die Meinung der Praktiker für die größere Befähigung des letzteren, als Einstreu zu dienen, und dies liegt z. T. in der eigentümlichen Gestalt der Strohhalme, die den Zusammenhalt größerer Streumassen und nachher des Mistes (langer Mist) bewirkt, während die losen Blätter nichts von diesen Eigenschaften zeigen. Es beruht aber die Fähigkeit, breiige Exkremente festzuhalten und so das rasche Fortschaffen derselben aus dem Stalle in die Mistgrube zu gestatten, wesentlich auf dieser Konsistenz des Streumaterials.

In Bezug auf die Torfstreu ist weiter auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der dieselbe wesentlich vor der rein vegetabilischen Streu auszeichnet, und den nur die meisten anderen erdartigen Materialien mit ihr teilen. Wir haben schon hervor-

---

*) Vergl. Breitenlohner: Fühling's Landw. Zeitung, 1874, 11, p. 842.

Gleiche Volumina Streu nehmen Flüssigkeiten auf:

Föhrenreisig	100	Bohnenstroh	598
Fichtenreisig	150	Erde	626
Roggenstroh	461	Laubstreu	1038.

Doch ist es besser bei diesen Materialien die Wasserkapazität auf die Gewichtseinheit zu beziehen, da die Streu ja in den und aus dem Stalle transportiert werden muß. So gemessen ist die Wasserkapazität von Stroh 200—300 %, von ziemlich trockenem Eichenlaub = 200.

**) Reines Spagnummoos, aus welchem sich das Hochmoor zum großen Teil gebildet, nach meinem Versuche selbst das 18fache.

gehoben, daß eine der nützlichsten Wirkungen der Einstreu darauf beruht, daß sie die Exkremente vor einer zu rasch und namentlich unter Verlusten von Ammoniak vor sich gehenden Zersetzung beschützt, indem sie dieselben zwischen sich verteilt und dadurch den Verlauf der Reaktion mäßigt. Torf und Erde haben nun, wie wir uns aus dem letztbehandelten Abschnitt erinnern, noch die spezifische Fähigkeit, gerade dieses Ammoniak, das sich durch Zersetzung von Harnstoff, Hippursäure u. s. w. bildet, in sich festzuhalten und vor Auswaschung und Verflüchtigung zu bewahren. Es bedarf nur dieses Hinweises, um inne zu werden, daß das Absorptionsvermögen dieser Materialien auf die Verwendung derselben zur Einstreu seine guten Dienste leisten muß, und diese Folgerungen haben bereits durch Berichte aus der Praxis ihre Bestätigung erhalten*). Namentlich in den Pferdeställen in den Städten, für welche man doch Streu käuflich erwerben muß, hat die Torfstreu aus diesem Grunde Eingang gefunden.

Nachdem wir so die technische Beurteilung der Streumaterialien mit einer gewissen Ausführlichkeit besprochen haben, können wir nicht umhin, mit einigen Worten darauf zu weisen, daß in der Regel nicht in dieser Beurteilung allein der Hauptgesichtspunkt für die Entscheidung der Frage nach der Zweckmäßigkeit dieser oder jener Streusorte liegt. Es ist notwendig, daß man wisse, dies ist gut und jenes besser; aber in der Praxis wird einem meistens die Wahl nicht schwer gemacht — durch die einfache wirtschaftliche Unmöglichkeit, über ein beliebiges Material in der gewünschten Menge zu verfügen.

Soweit ich in praktischen Dingen blicke, scheint mir die Sache meistens so zu liegen. Man hat — und diesen Fall haben wir bereits früher angedeutet — im wesentlichen Weideland und infolgedessen kein Bedürfnis an vielem voluminösen Dünger; dann hat die Streu eine ganz untergeordnete Bedeutung. Ein zweiter ähnlicher Fall ist der, daß man wohl den größeren Teil seines Geländes unterm Pfluge hat, aber dasselbe hat durch Überreichtum an Humusstoffen oder aus anderen Gründen kein Bedürfnis, gelockert oder gebunden zu werden (Moorkolonien, frischer Meeresklei). Alsdann tritt trotzdem, daß man über Stroh im Überflusse verfügt, doch die Bedeutung desselben als Streumaterial so sehr in den Hintergrund, daß man es größtenteils verkauft und in der Technik verwendet. — Der entgegengesetzte Fall ist nun aber der, daß man viel verhältnismäßig unfruchtbares Gelände unterm Pfluge hat, oder Land, das gar sehr der Auflockerung durch starke und regelmäßige Stallmistdüngung bedarf; dann handelt es sich darum, viel Stallmist zu erzeugen und zugleich aus demselben keine Pflanzennährstoffe verloren gehen zu lassen, im Gegenteil, wenn möglich, noch etwas hinzuzufügen. Reicht hierzu das auf dem Hofe erzeugte Stroh aus, so wird man sich in der Regel nach keinem Surrogute umsehen, es sei denn, daß Strohhandel in der Nähe besteht und gleichfalls Torfstreu in der Nähe zu haben ist. Ist aber das Stroh unzureichend, so macht man eben aus der Not eine

*) Fleischer hat z. B. den leicht zersetzbaren (ammoniakalischen) Stickstoff in sonst genau analogem Miste mit Torfstreu bereitet größer gefunden als in solchem mit Stroh bereitet (vergl. Blätter für Moorkultur 1884). Glänzende mit der Torfstreu erzi[illegible] [illegible]ate hat kürzlich ein Vertreter dieser Industrie, van de Blocquerie, bekannt Mededeel. e. Ber. v. d. Geldersch-Overijsselsche Maatschappij, 1894, II, p. Darstellung der Natur der Sache nach etwas parteiisch.

Tugend und nimmt die abfallenden Blätter aus dem Walde, schält die Heidenarbe und fängt damit die flüssigen und breiigen Auswurfstoffe auf, ohne deshalb zu behaupten, daß Waldstreu und Heideplaggen besser seien als Stroh. Man macht's eben wie der Wirt im Gasthof, der die Suppe streckt, wenn unerwartete Gäste erscheinen, der aber deshalb diese Methode noch nicht in einem Kochbuche der Nachwelt überliefert.

Über die Frage, ob die Waldstreu in den Wald gehört und nicht aufs Feld, haben wir hier nicht zu debattieren. Sicher ist, daß dieselbe für die Landwirtschaft besser ist als nichts, und daß der Wald, auch abgesehen von solchen Streusorten, die für die Humusbildung im Walde nachteilig erachtet werden*), bei mäßiger Streunutzung nicht notwendig zu Grunde geht. Sicher ist aber auch, daß alte Gerechtsame und Gewohnheiten den Wald oft unverhältnismäßig benachteiligen, und daß eine Anordnung, wonach dem Waldbesitzer die freie Verfügung über alle seine Produkte bleibt, anzustreben ist. — Ungefähr dieselbe Entscheidung erscheint mir als die allein richtige auf dem gleichfalls viel umstrittenen Gebiete der Heideplagge. Ohne Zweifel wird seitens der Landwirte viel gesündigt in betreff des übermäßigen Gebrauchs dieses Surrogats, weil dieses umsonst zu haben ist: aber noch niemand hat auf Heideland mit Vorteil gewirtschaftet, ohne von der Plagge Gebrauch zu machen; und wenn das auch mit Hülfe von Kunstdüngern und Gründüngung mit schmetterlingsblütigen Gewächsen in der Zukunft gelingen sollte, so ist es doch lange Zeit rentabel und auch rationell gewesen, die über große Flächen in allzugroßer Verdünnung ausgestreuten Pflanzennährstoffe auf diese Weise auf einige wenige Hektare zu konzentrieren und so doch wenigstens einstweilen einen Bruchteil des Geländes in Kultur zu bringen**).

Wenn man mit der vorhin angegebenen Analyse der Plagge den minimalen Gehalt des Heidesandes an Nährstoffen***) vergleicht, so begreift man, daß die ärmlichste Heidevegetation noch immerhin eine nicht unerhebliche Konzentration an Nährstoffen veranlaßt und so ist das Ebengesagte leicht verständlich.

Mit der Besprechung der Streumaterialien haben wir bereits das wichtige Gebiet der rationellen Behandlung des Stallmistes betreten. In Bezug auf diesen Gegenstand ist die Agrikulturchemie überhaupt im stande gewesen der praktischen Landwirtschaft nicht unbedeutende Dienste zu leisten, und es versteht sich daher von selbst, daß wir demselben hier unsere besondere Aufmerksamkeit schenken. Wir werden in der folgenden Vorlesung im stande sein, zu einigen allgemeinen Gesichtspunkten in Bezug auf diesen Gegenstand zu gelangen, wollen aber heute zuvor einen Blick werfen auf die Zusammensetzung der verschiedenen Sorten von Stallmist, welche

---

*) Vergl. Heyer: Der Waldbau, 1891, p. 99.

**) Über die bedeutenden Nährstoffverluste durch Plaggenhieb machte Immendorff interessante Mitteilungen (Landw. Jahrb. 1898 Ergänzungsband, IV, p. 503). Auf die Hektare wurde durch einen um die 15 Jahre erfolgenden Hieb entzogen: 180—200 kg. Stickstoff, 34—53 kg Kali und 20 kg Phosphorsäure. Auf die Dauer ist natürlich vollständige Verarmung das notwendige Resultat. Mit dem Erlöschen der Vegetation kommen dann die Gefahren der Sandwehen und dahin darf man es bei Gestattung des Plaggenhiebs natürlich niemals kommen lassen.

***) Vgl. Bodenkunde, Vorlesung 3, p. 45.

uns interessiert nicht allein wegen der daraus hervorgehenden Beurteilung seiner zweckmäßigsten Anwendung, sondern dessen auch die landwirtschaftliche Buchhaltung in manchen Fällen bedarf.

Die Zahlen, die nun hier für die einzelnen Mistarten mitgeteilt werden können, sind der Natur der Sache nach weite Grenzen oder zufällige Einzelfälle innerhalb derselben, zwischen welchen sich die Wahrheit bewegt; sie sind deshalb nicht ohne weiteres einer Anwendung zu wirtschaftlichen Schlußfolgerungen fähig. Wir werden aber danach noch einen andern Weg kennen lernen, auf dem es mit größerer Sicherheit möglich ist, sich im einzelnen realen Fall Aufschluß über die Zusammensetzung des Mistes zu verschaffen.

Wenn wir uns erinnern, was in der zweiten Vorlesung über die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Exkremente von der Ernährung der Tiere gesagt wurde und welcher Schluß daraus auf die Konstanz der Zusammensetzung dieser Exkremente bei den einzelnen Tierarten gezogen wurde, und hinzufügen, daß die Einstreu in einer geordneten Wirtschaft sehr gleichmäßig und gleichartig zu geschehen pflegt, so wissen wir schon im voraus, welche einzelnen Mistarten wir vermutlich gleichmäßiger zusammengesetzt und geeigenschaftet finden werden. Pferde werden meistens jahraus jahrein in derselben Weise gefüttert, bei Schafen ist auch noch verhältnismäßige Gleichmäßigkeit in der Ernährung die Regel, während beim Rindvieh und noch mehr bei den Schweinen, auch wenn man bei ersterem nach rationellen Prinzipien füttert und die vorgeschriebenen Normen genau einhält, sehr bedeutende Verschiedenheiten, namentlich in Bezug auf die Aschenbestandteile der Futterstoffe an der Tagesordnung sind.

Wir werden also für die Zusammensetzung des Pferdemistes noch eher Zahlen anzugeben im stande sein, welche für die Praxis brauchbar sind, als dies beim Rindviehmist oder gar beim Schweinemist möglich ist. — Man beachte folgende Angaben, welche zugleich Anhaltspunkte gewähren über die von einer bestimmten Anzahl Tiere zu erwartende Menge von Dünger, welche zu kennen für Kalkulationen für die Praxis natürlich unentbehrlich ist.

Pferdemist.

	Tägl. Exkremente eines Pferdes*).	Tägl. Einstreu (2 kg Weizenstroh).	Frischer Mist.	Prozentisch im Durchschnitt.
Wasser	9,9 —11,7 kg	0,41 kg	10,4 —12,1 kg	70,0 %
Organ. u. flücht. Subst.	2,2 — 3,1	1,5	3,7 — 4,7	26,3
darin Stickstoff	0,08—0,11 kg	0,01 kg	0,09—0,12 kg	0,67 %
Gesamtasche	2,27— 0,67	0,12	0,39— 0,79	3,7
darin Phosphorsäure	0,02	0,005	0,02	0,14
„ Kali	0,13—0,16	0,01	0,14—0,17	0,94
Summa	12,6 —15,6 kg	2,0 kg	14,6 —17,6 kg	100 %.

Man sieht, daß trotz des eben Gesagten schon bei der Berücksichtigung einiger wenigen Angaben die Zahlen sich zwischen sehr erheblichen Differenzen bewegen,

*) Großenteils nach den von Hofmeister und Boussingault gelieferten Zahlen. Untergeordnete Änderungen nach anderen Analysen haben stattgehabt. Durch andere Autoren wird das Gewicht der Entleerungen in Verbindung mit Versuchen mit schwereren Tierschläge erheblich höher angegeben.

und dabei ist noch nicht einmal wahrscheinlich, daß die äußersten Grenzfälle erreicht sind. Die mitgeteilten Zahlen haben eher einen Wert, um eine Vorstellung zu gewinnen von der von einem Pferde bei der üblichen Einstreu zu erhaltenden Mistmenge als von der Zusammensetzung des erhaltenen Mistes selber*).

Dies gilt nun noch in weit höherem Grade von dem Rindviehmist, und um in den Angaben über dessen Menge und Zusammensetzung nicht völlig in der Luft zu stehen, ist es nötig, einen mehr präzisierten Fall der Ernährung ins Auge zu fassen, der dann freilich keinerlei Verallgemeinerung fähig ist. Es kommt für die Menge und Zusammensetzung des Rindviehmistes, außer der Verschiedenartigkeit einer bei ein und derselben Fütterungsnorm und ein und demselben Nährstoffverhältnis verabreichten Futtermasse, noch ganz besonders in Betracht, daß beim Rinde die Tendenz der Viehhaltung eine ganz verschiedene ist, daß der Landwirt vom Rindvieh entweder Milchproduktion, Fleischproduktion oder aber Arbeit verlangt, und daß je nach dieser Tendenz die Zusammensetzung der Futtermasse sich nach einer andern Fütterungsnorm richtet. — Außerdem macht das beim Rindvieh so verschiedene Lebendgewicht allgemeinere Angaben unmöglich.

Ochsenmist
bei Erhaltungsfutter auf Tiere von 500 kg Lebendgewicht**).

	Tägl. Exkremente eines Ochsen.	Tägl. Einstreu (3 kg Weizenstroh).	Frischer Mist.	Prozentisch.
Wasser	27,2 kg	0,6 kg	27,8 kg	81,3 %
Organ. u. flücht. Subst.	3,35	2,25	5,6	16,4
darin Stickstoff	0,11 kg	0,02 kg	0,13 kg	0,37 %
Asche	0,64	0,16	0,8	2,3
Summa	31,2 kg	3,0 kg	34,2 kg	100 %.

Ganz anders gestalten sich aber diese Durchschnittszahlen unter übrigens denselben Verhältnissen bei Mastfutter. Eine Mastfuttermischung hat den Zweck, nicht bloß ein Tier auf dem Körpergewicht zu erhalten, sondern bei ihm Zunahme, Fleisch- und Fettansatz zu bewirken, in deren Produktion ja eben der Sinn der Mast liegt. Dazu ist aber einmal notwendig, wie jedermann weiß, *mehr* zu füttern als da,

---

*) Pferdemist mit Torfstreu von einer Tramgesellschaft ergab nach einer Analyse zu Wageningen:

Wasser	68,8 %
Organ. u. flüchtige Stoffe	25,4 „
Asche	9,8 „
P_2O_5	0,25 „
Kali	0,50 „.

**) Die hier mitgeteilten Zahlen sind aus den zahlreichen Versuchen von Henneberg, Stohmann und Rautenberg als Durchschnittszahlen berechnet und in Heidens Düngerlehre, II, p. 38 und 70, mitgeteilt. Dieselben sind also Mittelwerte für die Ernährung mit sehr verschiedenen Futtermitteln, nicht aber für jede mögliche Art der Ernährung, da die Tiere dabei ihr Körpergewicht auf gleicher Höhe erhielten und keine andere Stoffproduktion vollzogen als die der Exkremente. In den späteren sorgfältigen Versuchen v. Heiden (vergl. Ber. Pommritz, 1883, 1884) wurde täglich von Rindvieh per 500 kg Lebendgewicht reichlich 40 kg Mist und 4 kg Jauche erhalten.

wo man einen Körperzuwachs nicht beabsichtigt, und zweitens, wie aus der Theorie der Ernährung hervorgeht, wenigstens zweckdienlich, in einem andern Nährstoffverhältnis zu füttern. Was nun von dieser Abänderung der Fütterungsnorm für unsern Zweck vorzüglich interessiert, ist, daß die verabreichte Futtermischung bei der Mast stickstoffreicher ist als das Erhaltungsfutter von Arbeitsstieren.

Nun findet zwar bei der Mast Ansatz statt, und deshalb ist es nicht erlaubt, so ohne weiteres aus der veränderten Fütterungsnorm auf die Veränderung in Menge und Beschaffenheit der Exkremente einen Schluß zu machen, weil eben ein Teil der Futterstoffe nicht wieder durch Blase und Darm abgeschieden wird. Allein es genügt, an diesem Orte zu bemerken, daß ein vergrößerter Ansatz auch mit einem noch weit mehr vergrößerten Umsatz zum größten Leidwesen des Viehmästers unabänderlich verknüpft ist, daß eine reichere und stickstoffhaltigere Futterration trotz des Ansatzes auch eine reichere und stickstoffhaltigere Ausscheidung von Exkrementen zur Folge hat. Ich teile diesen Satz hier mit, ohne es für nötig zu erachten, dabei auf dessen Begründung, auf die Gesetzmäßigkeiten des Fleisch- und Fettansatzes näher einzugehen.

Ochsenmist

bei Mastfutter auf Tiere von 500 kg. Lebendgewicht*).

	Tägl. Exkremente eines Ochsen.	Tägl. Einstreu (3 kg Weizenstroh).	Frischer Mist.	Prozentisch.
Wasser	36,4 kg	0,6 kg	37,0 kg	84,1 %
Org. u. flücht. Subst.	3,64	2,25	5,9	13,4
darin Stickstoff	0,18 kg	0,02 kg	0,20 kg	0,45 %
Asche	0,91	0,16	1,07	2,5
Summa	40,9 kg	3,0 kg	43,9 kg	100 %.

Die größere Menge Mist, die bei derselben Einstreu bei Mastfütterung auf die gleiche Häupterzahl gleich schwerer Tiere fällt, ist aus der Gegenüberstellung dieser Zahlen mit den vorhergehenden deutlich ersichtlich. Der relativ höhere Stickstoffgehalt der Exkremente von Masttieren ergiebt sich aus der Vergleichuug der beiden gegebenen Verhältniszahlen**). Die Gesamtausscheidungen plus Streu bei Erhaltungs-

*) Durchschnittszahlen aus den Versuchen derselben Forscher; vergl. die vorige Anmerkung. Kuhmist aus einem Bauernhofe bei Wageningen zeigte die folgende Zusammensetzung:

Wasser	77,7 %	
Organ. u. flücht. Substanz	18,2	
darin Stickstoff		0,54 %
Asche	4,1	
darin P_2O_5		0,24
„ K_2O		0,49.

Mittelzahlen von Holdefleiß (a. a. O.), zusammengestellt für Rindviehdünger aus Tiefställen, sind:

Stickstoff	0,54 %
Phosphorsäure	0,27
Kali	0,67.

**) Man pflegt, gestützt auf den hohen Düngerwert der Entleerungen von Tieren bei reichlicher oder reichhaltiger Fütterung, häufig zu argumentieren, daß eine solche Fütterung

futter enthielten nur durchschnittlich 0,37 % Stickstoff, bei Mastfutter dagegen wird diese Zahl 0,45 %.

Wir verzichten darauf, analoge Mitteilungen über den Schweinemist und Schafmist zu machen, da bei dem ersteren Tiere die Ernährung viel zu ungleich ist, um den so erhaltenen Zahlen noch irgend einen Wert beilegen zu können, und weil beim Schafe häufig keine so regelmäßige Einstreu vorgenommen wird, um die Resultate, die wir für die Ausleerungen dieser Tiere schon in der vorigen Vorlesung mitgeteilt haben, nicht schon an und für sich zu einem Überblick über das Wesen des Schafmistes genügend erscheinen zu lassen. Nur einige Zahlen aus der analytischen Thätigkeit der Station Wageningen mögen hier Mitteilung finden. Schafmist, in den Ställen festgetreten, aus der Umgebung von Wageningen zeigte die folgende Zusammensetzung:

Wasser	64—73 %	
Org. u. flücht. Substanz	16—25	
darin Stickstoff		0,7—0,8 %
Aschenbestandteile	10—12	
darin Phosphorsäure		0,2—0,4
„ Kali		1,0—1,1.

Die produzierte Menge Mist ist bei Schafen in Bezug auf das Lebendgewicht eine ähnliche wie bei Mastochsen, wobei jedoch nicht zu vergessen ist, daß es sich um Ausscheidungen handelt von größerer Konzentration. Je kleiner das Tier, desto größer der Stoffwechsel per Einheit Lebendgewicht. Als durchschnittliche Menge wird pro Tag angegeben 2,5 kg.

Gehen wir nun vielmehr zur Besprechung der Methode über, welche einer ganz allgemeinen Anwendbarkeit zugänglich ist und auch sonst für die Ermittelung der Zusammensetzung des frischen Mistes als die rationellste erscheint, zur direkten Berechnung dieser letzteren aus Fütterung und Einstreu. Daß eine derartige Ermittelung theoretisch möglich ist, versteht sich nach dem früher über Zusammenhang zwischen Fütterung und Ausscheidung Gesagten von selbst. Ihre praktische Zulässigkeit beruht auf dem Besitz zuverlässiger Durchschnittsanalysen der Futterstoffe und unserer hinreichenden Bekanntschaft mit den Hauptsätzen des tierischen Stoffwechsels — auf dem Besitz von Zahlen in dieser Richtung, die wenigstens relativ eine größere Sicherheit gewähren, als etwa Durchschnittsanalysen des Mistes selbst bieten können.

Bei Tieren auf dem Erhaltungsfutter gestaltet sich diese Methode am einfachsten. Bei diesen, also bei Pferden, Arbeitsochsen (auch die nur Wolle produzierenden Schafe können, ohne weit fehlzugreifen, hierher gerechnet werden), weiß man mit Bestimmtheit, daß aller Stickstoff und alle Aschenbestandteile der verab-

---

schon aus dem Grunde ganz im allgemeinen die rationellere wäre, weil das, was nicht zum Ansatz diene, dem Dünger zu gute käme. Diese Folgerung ist aber augenscheinlich eine jener vielen scheinbaren Stützen, welche man dem großen Publikum gegenüber einer praktisch richtigen Lehre leiht, denn es kann ja nicht verborgen bleiben, daß der Wert eines Futtermittels als Düngestoff ein ungleich niedrigerer ist denn als Nahrungsstoff. So selbstverständlich diese Bemerkung manchem erscheinen mag, so ist sie doch bei dem ausgedehnten Gebrauche, welcher von jenem Scheingrunde gemacht wird, nicht ganz überflüssig.

reichten Futterstoffe in Harn und Kot wieder erscheinen müssen. Das Defizit an organischer Substanz (welche ja teilweise durch den Stoffwechsel des tierischen Körpers zerstört wird) läßt sich ebenfalls aus Erfahrungen, die man bei exakten Fütterungsversuchen in hinreichender Anzahl gemacht hat, für eine jede Tierklasse auf einem jeden Ernährungszustand annähernd genau beurteilen. Weiter rechnet man dann die Bestandteile des Streustrohs, die man ebenfalls aus Durchschnittsanalysen hinreichend kennt, unverändert hinzu und hat so alle Daten in der Hand, deren man bedarf, um die in einer (auf eine gegebene Periode entfallenden) Mistmenge enthaltene organische Substanz, Stickstoff und Aschenbestandteile, kennen zu lernen.

Um freilich den prozentischen Gehalt des Mistes an allen diesen düngenden Stoffen zu wissen, müßte man entweder auch noch dessen durchschnittlichen Wassergehalt oder die auf eine gewisse Zeit entfallende Mistmenge kennen. Hiergegen besteht die Schwierigkeit, daß das Wasser in seiner im Miste vorhandenen Menge Zufälligkeiten und periodischen Schwankungen unterliegt, und daß die Kenntnis dieses Gehalts und damit des Prozentgehalts von Pflanzennährstoffen von heute schon für morgen nicht mehr genau richtig sein würde. Allein es handelt sich hier in der Regel gar nicht um die prozentischen Mengen an einzelnen Bestandteilen, sondern lediglich um die Kenntnis von der absoluten Menge dieser Bestandteile, welche in einem bestimmten Misthaufen samt Jauchengrube vorhanden sind; da von beiden der Kubikinhalt sich annähernd berechnen läßt, so lassen sich indirekt auch wieder prozentische Zahlen annäherungsweise feststellen.

Wir haben früher angegeben, daß die organische Substanz des Futters beim Durchgang durch den Körper derjenigen Tiere, mit denen wir es hier zu thun haben, und bei den gewöhnlichen Ernährungsverhältnissen sich um die Hälfte vermindere*). Von dieser Angabe machen wir natürlich Gebrauch, wenn wir uns die Aufgabe stellen, die organischen Bestandteile des Mistes zu ermitteln. Auf der gleichen Grundlage beruht auch die in der praktischen Düngerlehre gebräuchliche Regel, die Hälfte der Futtertrockensubstanz mit der des Streustrohs zusammenzuzählen und mit vier zu multiplizieren, um so die Menge produzierten Düngers, in welchem in diesem Falle 75 % Wasser vorausgesetzt wird, zu berechnen.

Wenig anders gestaltet sich die Berechnung des Mistes aus verabreichter Fütterung und Streu bei denjenigen Tieren, von welchen wir noch eine andere Stoff-

---

*) Das *Pferd* scheidet nach vorhandenen Untersuchungen im Mittel von der Trockensubstanz des Futters 47 % (vergl. bei Heiden: Düngerlehre, II, p. 21 und 38 f.) durch Darm und Blase wieder ab, und aus dieser Angabe kann man leicht mit Hülfe der Zahl des Aschengehaltes des Futters die Verminderung an organischer Substanz, wie wir sie im frischen Mist erwarten dürfen, berechnen. Der *Ochse auf dem Erhaltungsfutter* scheidet nach den schon benutzten Durchschnittszahlen von Henneberg, Stohmann und Rautenberg 49% der Trockensubstanz in den Auswurfsstoffen ab. Für das *Schaf* ist einmal dieselbe Zahl als Mittelzahl gefunden worden; Henneberg (Journ. f. Landw., 1870, p. 189) fand bei Heufütterung und bei einem geringen Stoffansatz 50% im Durchschnitt mehrerer Versuche. — Es braucht kaum hinzugesetzt zu werden, daß diese Zahlen in Wirklichkeit erheblichen Schwankungen ausgesetzt sind, daß z. B. ein Futtergemisch, das viele unverdauliche Stoffe neben den zur Erhaltung des Körpergewichts notwendigen leicht verdaulichen enthält, jene Zahlen vergrößert und umgekehrt.

produktion erwarten, als Ausscheidung von Exkrementen, also bei *Jungvieh, trächtigen Muttertieren, Milchvieh* und *Mastvieh.* Hier kann die Berechnung der Ausscheidungen wie dort angestellt werden, nur daß vom Gehalt der Futterstoffe an Stickstoff und einzelnen Aschenbestandteilen der Gehalt vom Körperzuwachs, von gelieferter Milch, von Fleisch- und Fettansatz an diesen nämlichen Stoffen, welchen wir ja auch aus Durchschnittsanalysen kennen, abgezogen werden muß, um den Gehalt der Exkremente an denselben zu kennen. Doch beträgt nach Untersuchungen, die von Lawes und Gilbert in Rothamsted in dieser Richtung angestellt worden sind, der Stickstoffansatz bei Mastochsen und Schafen nur ungefähr 4 % des Futters und nur beim Schweine kann ein ansehnlich höherer Prozentsatz an Stickstoff (nicht aber an Aschenbestandteilen) auf diese Weise in Verlust geraten. Für Bestimmung der organischen Substanz der Auswurfstoffe kann trotz der Komplikation infolge des Ansatzes wieder angenommen werden, daß ungefähr die Hälfte des Verfütterten darin wieder erscheint*).

Für die Ernährung trächtiger Muttertiere (und ebenso für die des Jungviehs verschiedener Tierklassen) sind allerdings die Zahlen der Ausnutzung der organischen Substanz der Futterstoffe noch nicht in der Weise berechnet worden. Es ist aber in betreff solcher Tiere immerhin darauf hinzudeuten, daß ja auch die Differenzen für das Verhältnis des Wiedererscheinens der gefütterten Trockensubstanz in den Exkrementen bei den Ochsen nicht mehr erheblich gewesen sind, ob diese nun auf dem Erhaltungsfutter sich befanden oder gemästet wurden, daß vielmehr die Durchschnittszahlen für dieses Verhältnis innerhalb der Grenzen desselben Verhältnisses bei ein und derselben Fütterungsweise fielen, und daraus geht hervor, daß man auch für Milchvieh und dergleichen derartige Zahlen benutzen kann. Dies ist um so mehr der Fall, als es bei der Ermittelung der Düngebestandteile des produzierten Mistes gar nicht so ängstlich auf etwas mehr oder weniger organische Substanz ankommt, da diese ja doch im Miste, selbst bei dessen alsbaldiger Verwendung noch eine weitere Veränderung, nämlich Verminderung durch den Verwesungsprozeß, erleidet, ein Prozeß, der sich in seiner Intensität vollends aller Kontrolle entzieht.

Ein besonders für holländische Verhältnisse passendes Beispiel einer Düngerberechnung aus der Ernährung giebt G. Reinders in seinem „Handboek v. d. Nederl. landbouw"**).

Der Stall, für welchen die Berechnung gilt, enthält 8 Kühe, die zur Zeit keine Gewichtsveränderung zeigen. Verfüttert wird in 200 Tagen:

60 hl Hafer von 46 kg = 2760 kg.
10000 kg Haferstroh,
5000 „ Gerstenstroh,
6000 „ Heu,
400 „ Leinkuchen,

*) Wir sehen bei Mastochsen nach den Untersuchungen von Henneberg, Stohmann und Rautenberg den durchschnittlichen Prozentsatz der in den Exkrementen erscheinenden Trockensubstanz etwas kleiner werden als bei Ochsen auf dem Erhaltungsfutter. Der Prozentsatz ward im Durchschnitt gefunden zu 47 %.

**) 3. Druck, p. 360 Anm.

10000 kg Runkelrüben,
5000 „ Blätter von Runkeln, während außerdem noch
5000 „ Weizenstroh und
2000 „ Gerstenstroh als Streu diente.

Als Milchertrag wird in derselben Zeit angenommen 9000 l und an Kälbern soll 200 kg produziert sein.

Man hat alsdann:

	Trockensubst.	Stickstoff.	Phosphors.	Kali.	Kalk.
2760 kg Hafer	2415 kg	56 kg	20 kg	14 kg	3 kg
10000 „ Haferstroh	8640	73	28	90	36
5000 „ Gerstenstroh	4335	29	9	48	16
6000 „ Heu	5124	37	25	79	52
400 „ Leinkuchen	352	18	6	5	2
10000 „ Runkelrüben	1300	19	7	45	3
500 „ Runkelblätter	600	18	5	28	10
oder total mit Verlust des halben Trockensubstanzgewichtes:	11383 kg	250 kg	100 kg	309 kg	122 kg

Dazu kommt dann das Streustroh:

	Trockensubst.	Stickstoff.	Phosphors.	Kali.	Kalk.
5000 kg Weizenstroh	4322 kg	24 kg	11 kg	32 kg	13 kg
2000 „ Gerstenstroh	1734	11	4	19	7
total:	17439 kg	285 kg	115 kg	360 kg	142 kg

und hiervon geht nun ab die tierische Produktion:

	Trockensubst.	Stickstoff.	Phosphors.	Kali.	Kalk.
9000 l Milch	—	43 kg	15 kg	13 kg	12 kg
200 kg Kälber	—	5	3	0,5	3
so daß übrig bleibt:	17439 kg	237 kg	97 kg	346,5 kg	127 kg

(für die Trockensubstanz ist diese Korrektion der Geringfügigkeit wegen unnötig).

Wenn nun unter diesen Voraussetzungen ein Mist erzeugt wird von 70 % Wassergehalt, so erhält man aus dem Stalle 58130 kg frischen Mist von

0,41 % Stickstoff,
0,17 „ Phosphorsäure,
0,56 „ Kali,
0,22 „ Kalk

oder per Kuh 7266 kg Dünger oder täglich reichlich 36 kg.

Die hier beschriebene und durch ein Beispiel belegte Methode der Berechnung der düngenden Bestandteile des Mistes aus der Fütterung und der Einstreu gilt aber, wie schon angedeutet, in dieser Form nur für den *frischen Mist.* Wird derselbe unmittelbar auf das Feld gebracht, wie dies in einzelnen Wirtschaften oder gewissen Jahreszeiten für den Schafmist und für den Rindviehmist geschieht, so weiß man aus jener Berechnung direkt, was man dem Felde einverleibt hat, obschon freilich streng genommen schon bei mehrtägigem Liegen des Mistes unter den Tieren, das gerade in jenen Fällen unvermeidlich erscheint, einige Zersetzungen und infolgedessen Ver-

luste an einzelnen Substanzen, selbst bei Anwendung von Konservierungsmittel stattfinden*). Aber absolut genaue Zahlen sind hier ohnedem nicht zu erreiche und was erreicht werden kann, genügt in vielen Fällen dem praktischen Zweck Damit wollen wir aber natürlich nicht gesagt haben, daß es zweckmäßig wäre, de Stallmist in möglichst frischem Zustande zu verwenden. Im Gegenteil werden w schon in der nächsten Vorlesung Gründe, der ganz modernen Forschung über die Gegenstände entnommen, kennen lernen, die eine solche direkte Verwendung, re naturwissenschaftlich betrachtet, häufig nicht ratsam erscheinen lassen.

---

*) Bei direkten Analysen findet man darum in der Regel weniger Kali und namentli Stickstoff, als nach jener Berechnung erwartet werden sollte. Vergl. Wolffs Düngerleh und namentlich Sjollema: Rapport préliminaire, VI. congrès d'agriculture, Paris 1900.

Vierte Vorlesung.

Der Stalldünger. — Die natürliche Veränderung desselben. — Seine Konservierung. — Zusammensetzung der Jauche.

Von tiefgreifender Bedeutung für die Zusammensetzung des Stallmists sind die Veränderungen, welche derselbe beim Lagern in der Düngergrube unfehlbar erleidet. Manche dieser Veränderungen sind unbedingt schädlich für die düngende Wirkung des Mistes, und dieselben müssen natürlich nach Kräften eingeschränkt werden. Aber bevor wir diese Veränderungen besprechen, wird erst noch die Vorfrage zu erledigen sein: Warum setzt man überhaupt den Dünger diesen Gefahren aus? Warum verwendet man ihn nicht immer im frischen Zustande?

Auf diese Frage ist es leicht eine Antwort zu geben. Zum ersten ist der unmittelbare Gebrauch alles Stallmistes wirtschaftlich unmöglich. Dies gilt nicht allein da, wo Sommerstallfütterung gebräuchlich ist, weil in diesem Falle häufig alles Ackerland mit einer heranwachsenden Ernte bedeckt ist, sondern auch in den eigentlichen Weidegegenden wegen derselben oder anderer naheliegenden Umstände wegen.

Zum zweiten ist für manche Kulturen der verrottete Dünger geeigneter, ein Gegenstand, welcher im Laufe dieser Vorlesung weiter erörtert werden soll, und endlich hat die neuere Forschung ergeben, daß manche Arten von Verlusten, nämlich die der Denitrifikation für frischen Dünger, sobald er der Ackererde einverleibt wird, ganz besonders groß ausfallen. Auch hiervon wird heute noch mehr im Detail die Rede sein. Wir beginnen aber mit der Besprechung der von lange her bekannten Verluste.

Schon seit lange ist ja bekannt, daß der bloße Schutz der Düngerstätte gegen die Sonne die Düngewirkung erhält und daß dieser Schutz im wesentlichen besteht in einer Beschränkung des Ammoniakverlustes. Moscrop*) hat schon in früher Zeit vergleichende Düngungsversuche mit Stallmist ausgeführt, welcher in einem Falle in einer bedeckten Düngergrube, im andern Falle in einer unbedeckten der Verwesung überlassen worden war. Durch den ersteren wurden ceteris paribus sehr bedeutende Mehrerträgnisse hervorgebracht. Bedachung, Umpflanzung mit Bäumen oder eine andere Beschattung der Düngergrube wurde deshalb allgemein empfohlen. — Eine andere noch selbstverständlichere Anforderung besteht in der völligen Undurchlässigkeit derselben**), da die flüssigen Bestandteile des Mistes die größere Menge von Stickstoff und Kali und dazu dieselben in der meist zugänglichen Form enthalten.

*) Vergl. Jahresbericht der Agrik.-Chem., 1865, p. 275.

**) Vergl. über Einrichtung von Düngerstätten Heiden: Düngerlehre, II, p. 97—109.

Allein wir müssen etwas tiefer auf diese Dinge eingehen. Setzen wir zunächst die Einrichtung der Undurchlässigkeit voraus, so ist kein anderer Stoffverlust des auf der Düngerstätte lagernden Mistes samt Jauche denkbar als der durch Verflüchtigung. Die organische Substanz des Düngers verwest — und diese Verwesung, durch welche auch ein Teil der in der Ackererde nur schwer verweslichen organischen Stoffe, wie unverdaute Futterstoffe der Darmausleerungen und namentlich das Streustroh, in mehr zersetzbare Formen übergeführt wird, liegt z. T. durchaus in der Absicht des Landwirts. Dabei entsteht als Endprodukt hauptsächlich Kohlensäure und Ammoniak. Erstere entweicht ziemlich vollständig, und gegen diesen Verlust eines atmosphärischen Nährstoffes der Pflanze haben wir nicht viel einzuwenden. Aber dasselbe Los erleidet auch das Ammoniak zu einem kleinen oder größeren Teile je nach der Anwendung der Versorgungsmaßregeln, welche wir sogleich eingehender zu besprechen haben werden. Auch der völlig rationell behandelte Mist wird während der Verwesung, während er in den sogenannten *„verrotteten“* Zustand übergeht, nicht bloß absolut kohlenstoffärmer, sondern auch etwas stickstoffärmer, während er bei gleichzeitigem Verlust von Wasser doch relativ an dem letzteren Bestandteil sich etwas bereichert.

Für beide Bestandteile, organische Substanz und Stickstoff, wird also, beiläufig gesagt, die Methode der Berechnung aus Fütterung und Einstreu, von der wir oben gesprochen haben, um so weniger zulässig sein, je mehr der frische Mist angefangen hat, sich in der beschriebenen Weise zu verändern. Gute Konservierungsmethoden vorausgesetzt, wird dieselbe für den Stickstoffgehalt noch eher Anhaltspunkte gewähren. Zuweilen wird man sich auch bei eingetretener Verrottung noch durch Schätzungen helfen können.

Anders ist es mit den Aschenbestandteilen des Mistes. Eine Verminderung derselben in einem gegebenen Mistquantum ist nur denkbar, wenn derselbe im Hofe auf einem durchlässigen oder geneigten Terrain längere Zeit liegt und namentlich, wenn er allda vom Regen ausgelaugt wird, nicht aber auf einer auch nur mäßigen Ansprüchen genügenden Düngerstätte. Hier ist es dann in der That möglich, jene Methode der Berechnung, also z. B. für Kali und Phosphorsäure, auch noch für den verrotteten Mist anzuwenden, immer natürlich vorausgesetzt, daß man brauchbare Durchschnittsanalysen für den Gehalt an Aschenbestandteilen der Futterstoffe und des Einstreumaterials besitzt. Man wird in diesem Falle für eine in einer gewissen Zeit produzierte Mistmenge wenigstens angeben können, daß so und so viel von den und den Aschenbestandteilen in derselben vorhanden sein müssen. Der Prozentsatz an diesen Bestandteilen ist aber natürlich auf diese Weise nicht zu ermitteln, derselbe wird vielmehr immer höher und höher, je länger man den Mist unter den bezeichneten Umständen verrotten läßt, da die organische Substanz in starker Abnahme begriffen ist. Zu dessen Berechnung muß man sich des in der vorigen Vorlesung angegebenen Umwegs bedienen.

Sind dagegen die gemachten Voraussetzungen nicht erfüllt, wird der Mist direkt den austrocknenden Strahlen der Sonne ohne genügende Anfeuchtung ausgesetzt, so ist der Stickstoffverlust ein weit größerer. Ist derselbe dem Regen zugänglich und ruht er dabei gleichzeitig auf einer durchlässigen oder sonst leicht Abfluß gestattenden Unterlage, so wird er, zum größten Schaden für dessen Düngerwert — von allen leichtlöslichen Bestandteilen, der ganzen Jauche, beraubt. In diesem Falle verliert der

Mist nicht bloß eine große Menge stickstoffhaltiger löslicher Bestandteile und zwar nicht nur die des Harns, sondern ebenso, was durch den Verwesungsprozeß aus den festen Exkrementen daran löslich geworden ist; er verliert auch eine große Menge wirksamer Aschenbestandteile, namentlich Kalisalze. Einen unter solchen gravierenden Umständen verrotteten Mist aus Fütterung und Einstreu auf seine Zusammensetzung auch nur in Bezug auf einen einzigen Bestandteil von Düngerwert berechnen zu wollen, müßte natürlich ein vergebliches Unternehmen bleiben. Es wäre aber auch ein ganz überflüssiges Unternehmen; denn in einer Wirtschaft, wo die erste (wenigstens für unsere intensiven Betriebsmethoden) rationelle Grundlage der Düngerbehandlung fehlt, da kann nicht wohl ernstlich von jenen raffinierten Methoden der Düngerwirtschaft, welche sich an Berechnungen anknüpfen, die Rede sein.

Wir werden, um uns eine ungefähre Vorstellung von Zusammensetzung und Eigenschaften des verrotteten Mistes zu verschaffen, uns also nicht an die Methode jener Berechnung aus Fütterung und Einstreu halten dürfen; wir müssen vielmehr auf einem direkteren Wege uns einen Einblick in jene Verhältnisse zu verschaffen suchen.

Völcker hat schon frühzeitig Versuche über die relative Zusammensetzung von frischem und unter verschiedenen Umständen verrottetem Hofdünger, d. i. einem Gemisch von den einzelnen Stallmistsorten, angestellt*), und wir wollen die wichtigsten der von ihm ermittelten, für eine erste Orientierung in diesen Dingen immer noch brauchbaren Zahlen hier mitteilen. — Zunächst einiges über das Verfahren, welches derselbe anwendete.

Frischer Mist, bestehend aus Pferde-, Rind- und Schweinemist, wurde analysiert und drei Haufen desselben unter verschiedenen Bedingungen sich selbst überlassen. Einer wurde im Freien gegen einen Steinwall angelehnt und so den Einflüssen der Witterung ausgesetzt, ein anderer unter Dach gebracht und, um allzugroßes Austrocknen zu verhüten, einmal mit Wasser angefeuchtet, ein dritter im Freien ausgebreitet. Alle drei wurden von Zeit zu Zeit gewogen und Proben einer vollständigen Analyse unterworfen. Die Mitteilungen dieser Analysen würden indessen wenig Wert haben, wenn man sich nicht vorher eine Vorstellung von dem absoluten Gewichtsverlust der einzelnen Haufen gebildet haben würde. Dieser wird durch folgende Zahlen ausgedrückt:

	I. Haufen		II. Unter Dach		III. Gebreitet	
		Verlust in Prozenten		Verlust in Prozenten		Verlust in Prozenten
Gewicht des frischen Düngers	2838 Pfd.		3258 Pfd.		1652 Pfd.	
nach 6 Monaten	2026	28,8	1613	50,4	1429	13,4
nach 9 Mon. 20 Tag.	1994	29,7	1297	60,0	1012	38,7
nach 12 Mon. 12 Tag.	1974	30,8	1235	62,1	950	42,4.

Diese absoluten Verluste sind, wie wir gleich sehen werden, einesteils auf Kosten von Wasser zu setzen; deshalb schreiten dieselben, z. B. bei II., nachdem einmal eine gewisse, den Umständen angemessene Lufttrockene erreicht ist, nicht mehr weiter

*) Vergl. Journ. of England, 1856, V. 17, p. 191, und Heiden: Düngerlehre, II, p. 118.

fort. Unter Dach ist selbstredend die Austrocknung eine vollkommenere, bei dem ausgebreiteten Miste dagegen, da die ersten 6 Monate (der Versuch beginnt den 3. Nov.) in den feuchten Winter fallen, anfangs sehr langsam, nachher vollkommener als bei dem nicht gebreiteten.

Die prozentische Zusammensetzung des Mistes war*):

Wasser	66,17 %	
Organische und flüchtige Substanz	28,24	
(hiervon löslich)		2,48 %
Stickstoff		0,64**)
(hiervon als Ammoniak)		0,12
Asche	5,59 %.	

Nach 6 Monaten:

	I. Haufen		II. Unter Dach		III. Gebreitet	
Wasser	65,95 %		56,89 %		80,02 %	
Organische u. flüchtige Substanz	23,50		30,06		12,62	
(hiervon löslich)		4,27 %		4,63 %		1,16 %
Stickstoff		0,89		1,19		0,53
(hiervon als Ammoniak)		0,09		0,07		0,05
Asche	10,55 %		13,05 %		7,36 %.	

Diese Zahlen geben uns schon eine gute Vorstellung von den Veränderungen, welche der Mist in den einzelnen Fällen erlitten hat***). Haufen I. hat seinen alten Wassergehalt bewahrt; es ist also Wasser und organische Substanz — etwa in dem der Zusammensetzung des Mistes entsprechenden Verhältnis — gleichmäßig verschwunden. Der Gesamtverlust ist aber bedeutend. — Es hat also intensive Verwesung stattgefunden. Dabei sind organische Substanzen in Lösung überführt worden, welche sich im verrotteten Miste vorfinden. Dies beweist zugleich und ebenso der Gehalt an Ammoniakverbindungen und die unverminderten Aschenbestandteile, daß keine sehr bedeutende Auslaugung der löslichen Bestandteile Platz gegriffen hat. Der Stickstoffgehalt ist fast im Verhältnis der absoluten Gewichtsverminderung relativ erhöht; es hat also auch keine bedeutende Ammoniakverflüchtigung stattgefunden. — Der Mist hat an seinem Gehalt an wertvollen Düngebestandteilen nur wenig eingebüßt.

---

*) Die Jauche muß bei diesem Miste als teilweise abgeflossen gedacht werden, wie aus der Zusammensetzung desselben hervorgeht.

**) Die Ammoniakbestimmungen in diesen älteren Analysen sind allerdings infolge des Gebrauchs von starken Alkalien zu hoch. Vergl. Holdefleiß, p. 55. Dies thut aber den hier gemachten Betrachtungen keinen Eintrag, da man doch die relative Veränderung aus ihnen ersehen kann.

***) Übrigens ist darauf aufmerksam zu machen, daß nicht alle mitgeteilten Zahlen eine volle Zuverlässigkeit besitzen. So ist z. B. auffallend, daß Haufen I. nach 6 Monaten den prozentischen Gehalt an Aschenbestandteilen beinahe verdoppelt hat, während der Gesamtverlust in dieser Zeit noch nicht ein Drittel beträgt. Es sind also jedenfalls Aschenbestandteile von außen hinzugekommen. Dies ermahnt zur Vorsicht bei Benutzung der Angaben, welche überhaupt nur demonstrativen Wert haben.

Die Verminderung des Haufens II. unter Dach ist auf einen erheblichen Verlust an organischer Substanz und auf eine noch bedeutendere Austrocknung zu setzen. Verwesungsprozesse haben also auch unter diesen Umständen stattgefunden, aber es wurden verhältnismäßig etwas weniger organische Stoffe in die lösliche Form überführt. An Stickstoff ist außer einer kleinen Ammoniakverdunstung keine Verminderung, also eine relativ sehr bedeutende Bereicherung eingetreten, ebenso und naturgemäß bei den Aschenbestandteilen, da vom Regen geschützt keine Auslaugung eintreten konnte. — Der Mist hat in seinem Düngerwert für manche Zwecke zugenommen.

Der ausgebreitete Mist zeichnet sich durch seinen Wasserreichtum aus, weil bei ihm das Verdunstete wieder durch Regengüsse ersetzt worden; bei ihm ist in dieser Periode der absolute Verlust auf Kosten von organischer Substanz zu setzen, die teils verwest, teils ausgelaugt wurde, wie aus dem geringen Extraktgehalt zu ersehen ist. Auch der Stickstoff und speziell das Ammoniak hat eine absolute Verminderung erfahren. — Der Mist hat sehr erheblich an seinem Düngerwert eingebüßt.

Aus folgenden Angaben lassen sich dieselben Veränderungen für die anderen Perioden weiter verfolgen.

Nach 9²/3 Monaten:

	I. Haufen	II. Unter Dach	III. Gebreitet
Wasser	75,49 %	43,43 %	70,09 %
Organische u. flüchtige Substanz	15,15	30,14	11,05
(hiervon löslich)	2,95 %	4,13 %	0,49 %
Stickstoff	0,66	1,27	0,41
(hiervon als Ammoniak)	0,05	0,12	0,06
Asche	9,36 %	26,43 % *)	18,86 % *).

Nach 12¹/2 Monaten:

	I. Haufen	II. Unter Dach	III. Gebreitet
Wasser	74,29 %	41,66 %	65,56 %
Organische u. flüchtige Substanz	13,63	33,06	10,36
(hiervon löslich)	2,74 %	5,37 %	0,42 %
Stickstoff	0,65	1,51	0,39
(hiervon als Ammoniak)	0,05	0,17	0,03
Asche	12,08 %	25,28 %	24,08 %.

Der im Freien liegende Haufen I. hat den Sommer hindurch weitere tiefgreifende Veränderungen erlitten, er hat beinahe die Hälfte seiner noch vorhandenen organischen Substanz verloren, und daß sein absolutes Gewicht sich nicht weiter verändert hat, liegt lediglich nur an seinem größeren Wasserreichtum. Dabei hat gleichzeitig eine beträchtliche Auslaugung stattgefunden; denn die lösliche organische Substanz hat sich vermindert. Auch der Stickstoffgehalt hat entsprechend abgenommen.

Der unter Dach gelegene Mist ist im wesentlichen nicht weiter ausgetrocknet und deshalb hat auch der Verwesungsprozeß keine erheblichen Fortschritte machen

*) Die ganz unverhältnismäßige Zunahme an Aschenbestandteilen ist auch hier teilweise auf Verunreinigungen zu setzen; vergl. die vorige Anmerkung.

können; die Menge der organischen Substanz hat auch absolut keine wesentlichen Änderungen mehr erlitten. Auslaugung war unmöglich; der Gehalt an löslichen organischen Stoffen hat eher eine relative Zunahme erlitten. Auf dieselbe Ursache und den gleichzeitigen Schutz vor der Sonne ist die verhältnismäßige Bereicherung an Stickstoff und an Ammoniak zurückzuführen.

Der im Freien ausgebreitete Mist hat den Sommer hindurch einen Teil seines Wassers eingebüßt, aber von den zersetzbarsten organischen Substanzen bereits befreit, nur ziemlich kleine absolute Verluste an diesen erlitten; ferner sind die löslichen Anteile derselben noch vollständiger ausgelaugt, der Stickstoff- und speziell der Ammoniakgehalt bis auf ein Minimum reduziert worden.

Die Vergleichung aller drei unter so verschiedenen Umständen sich selbst überlassenen Mistproben in ihrer endlichen Zusammensetzung nach Jahresfrist giebt uns mit Berücksichtigung der verschiedenen absoluten Mengen der einzelnen Proben ein klares Bild von dem Einfluß der Behandlung des Mistes auf dessen Eigenschaften und Zusammensetzung und ebenso eine Vorstellung von den Unterschieden, welche ein gut behandelter verrotteter Mist dem frischen Miste gegenüber zeigen muß. Zugleich wird aber auch deutlich, daß es nicht möglich ist, allgemeiner gültige Angaben von der Zusammensetzung eines verrotteten Mistes zu machen, noch diese letzteren auf irgend eine Art zu berechnen. Es läßt sich nur sagen, daß derselbe im Vergleich mit dem frischen Mist verhältnismäßig ärmer an organischer Substanz, reicher an unverbrennlichen Bestandteilen, und wenn eine rationelle Behandlung stattgefunden hat, reicher an Stickstoff, namentlich auch an für die Pflanzen zugänglicherem sein wird*), woraus man schätzungsweise manchmal die ungefähre Zusammensetzung konstruieren mag.

Nachdem wir uns durch die eben mitgeteilten Versuchsresultate ein Bild davon verschafft haben, in welch tiefgreifender Weise der Stallmist unter extremen Umständen verändert werden kann, gelangen wir schon hierdurch zu der Erkenntnis einiger Erfordernisse einer rationellen Düngerbehandlung, wobei die zu erlangenden Vorteile immer noch groß genug sind, wenn auch nicht in so übertriebenem Maße gegen die einfachsten Prinzipien der Düngerbehandlung gesündigt wird. Hat man doch die Verluste an düngenden Bestandteilen per Stück Großvieh bei „gewöhnlich üblicher Behandlungsweise“ auf 15—20 Mark jährlich geschätzt, selbst ohne den verminderten Kohlenstoffgehalt hierbei in Rechnung zu ziehen.

Zunächst ist, wie gesagt, dafür zu sorgen, daß jegliche Auslaugung unmöglich ist, daher Undurchlässigkeit von Düngergrube und Jauchenbehälter. Nicht bloß die kleinen Bächlein mit bräunlicher Flüssigkeit, welche man noch so häufig aus den Düngerhaufen abfließen sieht und welche ungemessene Mengen gerade der leichtest aufnehmbaren Pflanzennährstoffe mit fortführen, müssen verstopft werden, sondern auch Sorge getragen werden, daß nicht unterirdisch und daher dem Auge unsichtbar

*) Es sind ferner von Völcker Untersuchungen über die Veränderung schon verrotteten Dungs beim Lagern an der Luft ausgeführt worden; vergl. a. a. O. Aus den Resultaten derselben geht im wesentlichen das Gleiche hervor. Sehr stark verrotteter (speckiger) Mist ist wohl immer dem mäßig verrotteten hintanzusetzen. Für den letzteren findet sich die folgende Durchschnittsanalyse in den landwirtschaftl. Kalendern: Wasser 75%, Org. u. flüchtig 14,5% mit 0,5% N; 0,63 K_2O u. 0,26 P_2O_5.

dasselbe geschehe. Gruben mit undurchlässigem Untergrund*) müssen überall, wo der Stallmist überhaupt Wert hat, als absolute Erfordernisse gelten. Nur wo etwa der Haufen oben an einem geneigten Terrain liegt, welches als Grasland gebraucht wird, ist der Schaden minder groß, aber in der Regel doch noch vorhanden, weil die unter diesen Umständen entstehende natürliche Berieselung hinsichtlich der Menge der verwendeten Düngestoffe gänzlich unkontrollierbar bleibt. — Bedeckung der Düngerstätte und zwar gerade der durchlässigeren ist auch schon aus dem Gesichtspunkte anzuempfehlen, weil das Regenwasser an der Wegführung der löslichen Bestandteile einen so großen Anteil hat.

Sodann ist eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu richten auf die Verhütung der Stickstoffverluste infolge von Verflüchtigung von Ammoniak. Bei dem hohen wirtschaftlichen Werte dieses Elementes (Kali- und Phosphorsäure um das Dreifache übersteigend) ist der Gehalt an demselben, auch wenn er quantitativ von dem Gehalte an Kali in allen Stallmistsorten noch überragt wird, das wichtigste Element für die Schätzung des Mistes. Dazu kommt, daß auch hierbei ebenso wie bei der Ausspülung gerade der Anteil, der als leichtest disponibler Nährstoff anwesend ist, am leichtesten der Verdunstung unterliegt. Auch in Bezug auf diesen Gegenstand ist die Überdachung oder wenigstens Umpflanzung der Düngerstätte in erster Linie anzuraten, weil durch die Abhaltung des Sonnenscheins die Austrocknung des Mistes, die natürlich der Verflüchtigung in die Hand wirken muß, beschränkt wird, während die Wirkung des in dieser Beziehung nützlichen Regens leicht durch die Thätigkeit der Jauchepumpe oder durch die wiederholte Mischung des festen Mistes mit dem flüssigen, wie z. B. durch das Feststampfen desselben durch die Tiere selber ersetzt werden kann. Etwas Derartiges wird erreicht durch jene Stalleinrichtungen, bei welchen (wie in der holländischen Provinz Zeeland) die Tiere auf einer breiten und flachen Düngerstätte Gelegenheit haben, sich periodisch auf derselben zu tummeln, oder wo der Mist wie in den sogenannten Tiefställen (potstal holl.) monatelang liegen bleibt und sich nach und nach bis zu einer bedeutenden Höhe anhäuft**). Die Stickstoffverluste sind unter diesen letzteren Umständen, wenigstens so lange die Tiere im Stalle verweilen und für gehörige Feuchterhaltung gesorgt wird, gering.

Als zweckmäßige Feuchtigkeitsmenge, auf welcher der Mist unter allen Umständen zu erhalten ist, wird in der Regel 65 % ***) angegeben, und namentlich bei der Konservierung des gehaltreichen Schafmistes muß hierauf geachtet werden und um so mehr, wenn stark absorbierende Streu (Erde, Torfstreu etc.) in zu geringer Menge anwesend sind. Wird der Mist trockner, so begieße man ihn geradezu mit Wasser, welches unter diesen Umständen selbst geeigneter ist als ammoniakreiche Jauche.

Auch jede Umsetzung (Bearbeitung) des Düngers ist mit Verlusten gepaart, teils weil dadurch mehr Gelegenheit gegeben wird zur Ammoniakverdampfung, teils wegen

*) Ein einfaches Mittel, um die Unterlage der Miststätte zu dichten, noch besser als Cement und Steinpflaster scheint Teer zu sein, welcher mit Sand vermischt unter und zwischen die Pflasterung gebracht wird (Rippert).

**) Vergleichende Stickstoffbestimmungen im Dünger gleicher Provenienz in Tiefställen und von gewöhnlicher Düngerstätte bei Schneidewind: Landw. Jahrb. 1898, p. 234.

***) Siehe Holdefleiß: Untersuchungen über den Stallmist, 1898, p. 200. Der natürliche Gehalt des frischen Mistes ist, wie wir früher gesehen, ansehnlich höher.

des Eindringens von Sauerstoff, wodurch vorzeitige Salpeterbildung begünstigt wird, welche, wie wir weiter unten sehen werden, auch zu Verlusten führen kann.

Außerdem muß an dieser Stelle von den spezifischen chemischen Hülfsmitteln zur Düngerkonservierung die Rede sein, da sich hierin die agrikulturchemische Forschung erst mit großem Erfolg bethätigt hat. Außer den Streumaterialien giebt es nämlich noch eine Reihe von anderen Substanzen, welche unter Umständen den tierischen Exkrementen beigemischt werden in der Absicht, wie dies auch für jene unter anderem gilt, zur Konservierung der düngenden Bestandteile beizutragen. Die Beimischung solcher Substanzen zum Miste, wenn sie schon im Stalle geschieht, hat auch hier wieder gewöhnlich den doppelten Zweck, einmal wertvolle Bestandteile dem Dünger zu erhalten und gleichzeitig für das Wohlbefinden der Tiere, deren Gesundheit durch die ammoniakalischen Dünste leidet, zu sorgen.

Da die in Rede stehende Maßregel nicht durch die Praxis auf dem empirischen Wege aufgefunden, sondern zuerst von seiten der Theorie empfohlen worden ist, so ist eine Reihe von Stoffen in Vorschlag gebracht worden, deren Wirksamkeit wir theoretisch und praktisch gegeneinander abwägen müssen.

Mineralsäuren wie *Schwefelsäure* und *Salzsäure* sind mehrfach zum Festhalten des Ammoniaks in dem sich zersetzenden Miste vorgeschlagen worden, haben aber trotz ihrer unverkennbaren Leistungsfähigkeit in dieser Richtung, auch in Bezug auf den Zerfall der noch anwesenden Eiweißstoffe unter Abspaltung von Ammoniak aus ziemlich naheliegenden Gründen (Gefährlichkeit im Gebrauch, Korrodieren der Wände der Jauchenbehälter), keine allgemeinere Anwendung gefunden*).

Sehr vielfach hat sich indessen der *Gips*, welcher sich, mit geringeren Mengen kohlensauren Ammoniaks in Berührung, mit diesem zu kohlensaurem Kalk und schwefelsaurem Ammoniak umsetzt**), Eingang verschafft. Schon Versuche von Grouven***), mit Schaf- und Pferdemist angestellt, lehrten, daß das Bestreuen mit Gips den vorausgesehenen Erfolg hat†), wenn er nur feinkörnig††) genug war und

---

*) Märcker u. Schneidewind: N. Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1899, p. 161. Es wurde auch empfohlen, die Jauche mit Schwefelsäure zu versehen und dann auf Torfmull zu pumpen (Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1893, p. 422). — Kieselfluorwasserstoffsäure wurde neuerdings durch Rogoyski (Inaug.-Dissert. Leipzig 1899) zur Konservierung des Stallmistes gebraucht. Dieser Stoff ist in manchen Gegenden als technisches Abfallprodukt billig und wirkt sehr entschieden stickstoffkonservierend, indem durch dasselbe die Gärung aufgehalten wird. — Neuere eingehende Studien über Stallmistgärung bei Dehérain: Biederm. Centralbl., 1901, p. 87.

**) Auch auf Ammoniakgas selber wirkt Gips absorbierend, wie Jenkins (J. f. pr. Chem., N. F., B. 13, 1876, p. 239) nachgewiesen hat.

***) Vergl. Wildas Landw. Centralbl., 1861, p. 283.

†) Hinsichtlich der weit höheren Düngebefähigung des gegipsten Schafdungs vergl. die Versuche Christianis bei Heiden: Düngerlehre, II, p. 92. Vielleicht kommt hier auch die von König u. Kiesow nachgewiesene Thatsache in Betracht, daß Gips das Freiwerden von ungebundenem Stickstoff aus faulenden Substanzen verhindert (Landw. Jahrb., II, 1873, p. 107). Auch der Oxydation von Ammoniak in Salpetersäure, welche Reaktion übrigens erst in der Ackererde größere Dimensionen annimmt, ist der Gips günstig (vergl. Warington: Experiments Rothamsted, 1885).

††) Bei vergleichenden Konservierungsversuchen mit mehr oder minder feinkörnigem

die Berührung zwischen Gips und Mist eine Zeit lang gedauert hatte. Doch sind auch Fälle von Unwirksamkeit bekannt geworden, die dem Umstande zugeschrieben werden, daß Gips die Zersetzung des Dunges beeinträchtigt, infolge wovon man wohl einen reicheren, aber nicht immer einen rasch wirkenden Dünger erzielt. Auch ist an dieser Stelle darauf aufmerksam zu machen, daß zwischen Gips und kohlensaurem Ammoniak nicht immer die erwartete Zersetzung zu stande kommt; denn man kennt andererseits Umstände, durch welche die umgekehrte Einwirkung, nämlich eine solche zwischen schwefelsaurem Ammoniak und kohlensaurem Kalke (und dieser kommt unter Umständen im Miste vor) zu stande kommt, infolge wovon kohlensaures Ammoniak flüchtig wird.

Da beide Reaktionen mit dem entgegengesetzten Resultate möglich sind, werden wir zu erwägen haben, wie sich dieselben unter den praktisch bestehenden Verhältnissen vermutlich gestalten werden. Um ein richtiges Urteil zu gewinnen, wann wir das eine und wann wir das andere erwarten dürfen, haben wir uns der Erwägungen zu erinnern, die z. B. schon vor beinahe 100 Jahren von dem Chemiker Berthollet angestellt worden sind. Bei der Anwesenheit von zwei Salzen in einer Flüssigkeit entscheidet für die Neugruppierung der Säuren und Basen nur dann allein die spezifische Affinität zwischen zwei der in Betracht kommenden Körper, wenn diese ungewöhnlich ausgesprochen in der einen möglichen Richtung des Umsatzes liegen. Im allgemeinen werden zu Anfang die vier möglichen Salze entstehen und die weitere Umsetzung in einer bestimmten Richtung fortschreiten infolge äußerer Umstände, wodurch eines oder das andere der neu entstandenen Salze von der Wettbewerbung ausscheidet, und zwar dadurch, daß es seine Aggregatform ändert und fest oder flüchtig wird. Das kohlensaure Ammoniak ist nun bei dem vor uns liegenden Falle der flüchtige Körper, und daraus folgt, daß alle Umstände, die dessen Flüchtigkeit begünstigen, also z. B. hohe Temperatur und Geringfügigkeit der Menge des Lösungswassers, die Entstehung dieser flüchtigen Verbindung befördern, also der konservierenden Eigenschaft des Gipses Eintrag thun*), während bei niederer Temperatur und viel Wasser die Entstehung des unlöslichen Salzes, kohlensaurer Kalk, den Ausschlag giebt und dabei das Ammoniak sehr vollständig als Sulfat fixiert wird. Wir sehen hieraus, daß wir auch bei Anwesenheit von Gips ein Austrocknen des Mistes in der Sonne vermeiden müssen**).

Gips hat sich die große Wichtigkeit dieses Gesichtspunkts ergeben und ist dieses Verhalten ja auch leicht verständlich.

*) In der That entwickelt Pulver von kohlensaurem Kalke, mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak gekocht oder nur gerieben, ammoniakalische Dämpfe. Ja, man kann auf diese Weise NH_3 quantitativ bestimmen.

**) Ein andrer neuerdings erörterter, die nützliche Wirkung beeinträchtigender Fall ist der, daß durch Reduktion des infolge des Gipsens entstandenen Ammoniaksulfats durch die Einwirkung von reduzierenden organischen Stoffen Schwefelammonium, also wieder ein flüchtiger Körper entstehen soll, und werden besonders in warmen Ställen und in solchen, wo der Mist längere Zeit unter den Tieren liegen bleibt und festgetreten wird, Verluste auf diese Weise gefürchtet (vergl. Crispo: Laborat. agricole à Gand, Rapport 1884). Doch gründet sich diese Meinung vorerst mehr auf Laboratoriumsversuche in Flaschen als auf Beobachtungen unter praktischen Verhältnissen.

Als zweckmäßige Menge wird angegeben — theoretisch ist jedenfalls mehr nötig als die dem zu konservierenden Ammoniak äquivalente Menge — $^1/_6$ kg Gips täglich per Stück Großvieh und man thut am besten, diese Menge in den Stallungen selber auszustreuen, so daß die Wirkung alsbald beginnt. Manche Praktiker empfehlen noch die gleiche oder selbst noch eine größere Menge*) im ganzen bis zu 1 kg täglich auf den Mist zu streuen. Außer dem gewöhnlichen Gipse kommt für den vorliegenden Zweck namentlich der sogenannte Superphosphatgips, ein Abfallstoff der Doppelsuperphosphatbereitung, welcher noch einige Prozente Phosphorsäure im freien Zustande enthält, sehr in Betracht. Nach Versuchen von Immendorff**) erhöht die Anwesenheit dieses Salzes sehr die Bindung des Ammoniaks, doch hat diese Beifügung auch ihre Gegner, da durch das Unlöslichwerden der löslichen Phosphorsäure ein großer Teil des Wertes wieder verloren geht, der durch Festlegen von flüchtigem Ammoniak zu gewinnen ist. — In neuerer Zeit empfiehlt man auch wohl statt des Gipses die schwefelsaure Kalimagnesia und unter den rohen Staßfurter Salzen außer dem Kainit auch den Krugit, welche denselben Erfolg haben sollen und sich besonders da empfehlen, wo man gleichzeitig eine Kalidüngung verabreichen will. Unsere besondere Beachtung verdient auch noch die ganz neue Empfehlung des sauren Natriumsulfats***), welches die bindende Kraft von freier Säure mit der Unschädlichkeit vereinigt und dazu gegenwärtig recht billig ist.

Die Empfehlung dieser anderweitigen Sulfate erheischt indessen noch eine nähere theoretische Auseinandersetzung. Wir haben schon Kali-, Magnesia- und Natronsulfat genannt, und als Hauptbestandteile der Staßfurter Salze werden wir gleichfalls bald Kalium- und Magnesiumsulfat oder Chlorid erkennen. Im Krugit ist außerdem auch Calciumsulfat anwesend.

Ob Sulfat oder Chlorid, wird allerdings für den fraglichen Zweck ziemlich†) gleichgültig sein, da Schwefelsäure sowohl wie Salzsäure mit Ammoniak nicht flüchtige Salze bilden, und für Calciumsulfat haben wir soeben die Ursache der nützlichen Wirkung eingesehen. Aber die Umsetzung beruhte in diesem Falle auf der Entstehung von unlöslichem Karbonat.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Kaliumsulfat, da hier das möglicherweise entstehende Karbonat sehr leicht löslich ist. Wohl ist auch hier nicht daran zu zweifeln, daß die Umsetzung teilweise thatsächlich erfolgt, d. h. daß in einer Mischung von Lösungen von Ammoniumkarbonat und Kaliumsulfat nach einiger Zeit neben einer verminderten Menge dieser Salze auch eine gewisse Menge von Ammoniumsulfat und Kaliumkarbonat anwesend sein wird. Aber da es an einer weiteren Veranlassung zur Vollendung der chemischen Umsetzung fehlt, so wird nach einiger Zeit ein chemisches Gleichgewicht bei gleichzeitigem Bestehen von allen vier Salzen in bestimmten Verhältnissen erreicht sein, und also, was entscheidend ist, kohlensaures Ammoniak bleibt vorhanden, selbst wenn man ein Übermaß von Kaliumsulfat gebraucht haben sollte. Dies kohlensaure Ammoniak behält natürlich seine Flüchtigkeit ebenso, als wenn kein schwefelsaures Kali daneben vorhanden wäre. Nachdem nun etwas von diesem

*) Siehe Holdefleiß: a. a. O.

**) Journ. f. Landw., 1893, p. 42.

***) Schneidewind: Landw. Jahrb., 1898, p. 23. Warum nicht saures Kaliumsulfat?

†) Nicht ganz, wegen der inferioren pflanzenphysiologischen Bedeutung der Chloride.

flüchtigen Salze verdampft ist, wird durch das Verschwinden desselben das chemische Gleichgewicht gestört sein, und jenes wird sich teilweise aus dem vorher gebildeten Kaliumkarbonat und schwefelsauren Ammoniak zurückbilden.

Mit anderen Worten, die Verflüchtigung von Ammoniumkarbonat hat den umgekehrten Einfluß auf die Vollendung der wünschenswerten Reaktion als das Niederschlagen des Karbonats einer fixen Base. Die bereits eingeleitete Reaktion geht wieder zurück, und das kohlensaure Ammoniak verdampft aus der Lösung (in welcher schließlich nur noch das zugefügte Sulfat vorhanden sein wird); der Prozeß verläuft mithin, gerade als ob dieses gar nicht zugesetzt worden wäre. — Nein, nicht als ob dieses nicht zugefügt worden wäre, denn offenbar ist ja durch das zeitweise Bestehen von Ammonsulfat die Menge von anwesendem flüchtigen Ammonsalz zeitweise eingeschränkt gewesen und damit dessen Tension vermindert, und zwar in dem Maße, als die natürlichen chemischen Kräfte der Entstehung jener Verbindung Vorschub geleistet hatten; und wenn man viel Kalisalz zugesetzt hatte, so war die konservierende Wirkung auch größer. Vollständig kann dieselbe aber mit praktisch anwendbaren Salzmengen niemals werden; denn die Reaktion kann sich nie vollenden und das übrigbleibende Ammoniumkarbonat giebt durch seine Verflüchtigung selber den Anstoß zu einer rückläufigen Umsetzung, aus welcher nach und nach mehr und mehr flüchtiges Salz resultiert.

Wenn somit das schwefelsaure Kali als ein nur im Übermaße wirksames und auch dann noch unvollständiges Konservierungsmittel bezeichnet werden muß, so scheint dieselbe Schlußfolgerung auch zutreffend zu sein für Natrium und Magnesiumsulfat, da auch bei der Einwirkung von diesen Salzen auf kohlensaures Ammoniak in den der Natur der Jauche entsprechenden Verdünnungsgraden auch nach Tagen keine unlösliche Ausscheidung erfolgt. Das Ausbleiben eines Niederschlages muß freilich bei der Magnesia nicht wie beim Kali zugeschrieben werden der großen Löslichkeit des entstehenden Karbonats, sondern der bekannten Eigenschaft der Magnesia, mit Ammoniak gern lösliche Doppelsalze zu erzeugen. Dieser Unterschied ist aber für uns ohne großes Gewicht, da, solange weder Abscheidung noch vollständige spontane Umsetzung, worauf natürlich in diesem Falle ebensowenig zu rechnen ist, erfolgt, allerorts in der Flüssigkeit Gelegenheit zur rückläufigen Reaktion gegeben ist.

Der Anstoß zu dieser rückläufigen Reaktion wird wieder gegeben werden durch Verflüchtigung von etwas kohlensaurem Ammoniak. Kurz, wir kommen auf dem Wege der Herleitung aus bereits Bekanntem auch für die schwefelsaure Magnesia zu dem Resultate, daß sie, auch im Übermaß gebraucht, nur unvollständig auf das Ammoniak der Jauche konservierend wirken wird. — Direkte Versuche über den gleichen Gegenstand, angestellt mit verdünnten Lösungen von kohlensaurem Ammoniak, lehrten das Gleiche, was hier gefolgert wurde.

Trotz dieser nicht sehr günstigen theoretischen Beurteilung fehlt es für die Staßfurter Salze keineswegs an praktischen Beweisen für die Stickstoffkonservierung im Stallmiste. Und dies gilt nicht allein für den Krugit, ein Staßfurter Salz, das sich durch seinen Gehalt an Calciumsulfat an den eigentlichen Gips anschließt, sondern ebenso für den Kainit, der, wie wir später sehen werden, auch im rohen Zustande ausschließlich aus Sulfaten und Chloriden von Alkalimetallen und Magnesium besteht. Namentlich sind wieder in dieser Richtung die ganz vortrefflichen, die älteren Ver-

suche an Umsicht der Führung und Exaktheit weit überragenden Untersuchungen von Holdefleiß*) zu erwähnen, die kurz beweisen, daß eine vollständige Stickstoffkonservierung gelingt durch Überdecken des Stallmistes mit Erde, durch Beimischung von Gips und endlich durch Beimischung von Kainit (auch in diesem Falle ungefähr 2 % von der Mistmenge), welche letztere Beimengung übrigens wegen der Gefahren dieses Salzes für die Tiere besser erst auf der Düngerstätte vorgenommen wird. Vermutlich ist die befriedigende Wirkung der Staßfurter Salze zu erklären aus ihrer durch die gleiche Untersuchung nachgewiesenen, die natürliche Veränderung**) des Mistes schädigenden Wirkung, infolgedessen bei Kalisalzmist überhaupt weniger Ammoniak gebildet wird, während die Erde natürlich auch dem oberflächlichen Austrocknen entgegenwirken und zugleich durch ihre Absorptionseigenschaften nützlich wirken mußte. Die soeben erhobenen Bedenken fallen indessen völlig weg bei den neuerdings empfohlenen sauren Sulfaten, da hier die ganze Menge der freien Säure direkt der Ammoniakbindung dient.

Will man mithin verrotteten Dünger erzielen, wie für manche Feld- und namentlich Gartenfrüchte, bei deren Kultur intensive Ernährung im Vordergrunde und physikalische Verbesserung des Bodens im Hintergrunde steht, so wird Konservierung durch Vermengung mit Superphosphatgips oder Gips***) und Bedeckung mit Erde am meisten zu empfehlen sein. Soll dagegen der Dünger neben seiner nährenden Wirkung auch Wirkung als Meliorationsmittel thun, so wird die Konservierung mit Staßfurter Salzen eher in Erwägung zu ziehen sein. Außerdem entscheidet natürlich auch oft das Kali- oder Phosphorsäure-Bedürfnis des Bodens.

Das schwefelsaure Eisenoxydul, der sogenannte Eisenvitriol, der zur Desinfektion menschlicher Exkremente mit Vorteil angewendet wird, scheint sich zur Einstreu in den Stallungen trotz seiner theoretisch einleuchtenden wie praktisch erwiesenen noch entschiedeneren Wirkung — wohl wegen des zu hohen Preises — nicht zu empfehlen†).

Alle diese Mittel, die großenteils durch Bindung des bei der Zersetzung des Mistes freiwerdenden Ammoniaks gleichzeitig konservierend und die Stallluft reinigend wirken, haben natürlich nur eine Bedeutung, wenn eine Einstreu gewählt wurde, die nicht schon selbst in dieser Richtung wirkt. Wir haben erwähnt, daß die Erdstreu und die Torfstreu durch das ihnen eigentümliche Absorptionsvermögen schon selbst das Festhalten des Ammoniaks in genügender Weise besorgen, und in diesem Falle, sowie auch bei einer aus Stroh und Erde gemischten Einstreu wird die Verwendung von Gips oder ähnlich wirkenden Stoffen in dieser Richtung keinen weiteren Vorteil

---

*) A. a. O. und neuerdings Mitteil. d. Landw. Instit. d. Universität Breslau, 1899, II, p. 233.

**) Nicht die eigentliche Gärung, da gerade unter diesen Umständen besonders große Selbsterwärmung nachgewiesen werden konnte, die natürlich auf Gärungserscheinungen weist, welche letzteren nur nicht mit einem großen Verluste an organischen Stoffen endigen.

***) Daher auch wohl Bestreitung des Gipses als Konservierungsmittel, da wo Beschränkung der Gärung im Vordergrunde stand, z. B. Stutzer: Journ. f. Landw., 43, p. 8. Nachdem man aber eingesehen, daß gerade ein mäßig verrotteter Mist vorzuziehen, muß sich diese Warnung mehr gegen die Staßfurter Salze kehren.

†) Über günstige Wirkungen des $FeSO_4$ vergl. Chem. Ber., 1886, p. 256.

gewähren. Auch für Tiefställe ist dieselbe von geringerer Bedeutung als für offene Düngerstätten*).

Wenn im Vorhergehenden die Konservierung des Mistes hauptsächlich aus dem Gesichtspunkte der Erhaltung des Ammoniaks beurteilt wurde, so darf endlich an dieser Stelle nicht verschwiegen werden, daß dies nicht der einzige Gesichtspunkt ist, wie sich am deutlichsten ergiebt aus dem Studium der schon mehrfach erwähnten vortrefflichen Untersuchungen von Holdefleiß. Auch die Salpeterbildung kommt namentlich für die Erzeugung eines rasch wirkenden, die Erhaltung der organischen Substanz für die Erzeugung eines stark humusbildenden, für sogenannte warme thätige Böden erwünschten Düngers sehr in Betracht. Die erstere nun wird namentlich durch die Einstreu von Gips**), weniger durch Kalisalz begünstigt, natürlich auch durch Erde und namentlich durch Mergel, der also von diesem Gesichtspunkte aus auch unter den konservierenden Bestandteilen des Düngers zu nennen ist***). Die Erhaltung der organischen Substanz ist dagegen, wie gesagt, am größten bei Kalisalz, welches überhaupt im eigentlichen Sinne des Worts namentlich die strohartigen Bestandteile des Mistes in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit konserviert.

Sodann ist an dieser Stelle zu reden von den in den letzten Jahren dem Stallmiste durch sogenannte Denitrifikation drohenden Stickstoffverlusten, welche, obgleich sie sich allerdings mehr bezieht auf Vorgänge nach dem Aufbringen des Mistes auf die Ackererde, doch auch die Konservierungsmethoden mit einer großen Umwälzung bedrohen zu sollen schien.

Man hatte nämlich bei der Bakterienforschung, welche neben Chemie die technischen Fragen der Landwirtschaft zu beherrschen beginnt, unter anderen auch niedrige Lebewesen entdeckt, welche im natürlichen Dünger und in der Ackererde hausen. und den Salpeter in freien Stickstoff zu entbinden vermögen. Wie nun seit Hellriegel die Wurzelknöllchenbakterien als die Freunde des Landwirts bezeichnet und deren Vermehrung in jeder Weise angestrebt wurde, so wurden nun diese neuentdeckten Wesen unter den Namen von gefährlichen „Stickstofffressern" gefürchtet und auf jede Weise verfolgt. Gewiß mit Recht, nur schade, daß man dabei ein wenig voreilig zu Werke gegangen zu sein scheint. Man kombinierte häufig vorschnell und

---

*) Die ganz neuen Versuche von Sjollema (Rapport préliminaire, VI. congrès international d'agriculture, Paris 1900) weisen auf sehr große Stickstoffverluste bei der holländischen Mistbereitung ohne Streu, und welche schon unmittelbar im Stall beginnen. Durch Beimischen von Superphosphat (1 kg täglich per Stück Großvieh) zum frischen Miste in den Gossen, womit der holländische Stall versehen ist, konnten die Stickstoffverluste nur sehr unvollständig eingeschränkt werden. Besser wirkte Schwefelsäure in der halben Menge beigemischt. — Beim längeren Bewahren des Düngers war trotz dieser Beimischung Bedachung der Düngerstätte noch notwendig. Aber für den holländischen Betrieb sind eben reinliche Molkereiprodukte, nicht die Düngererzeugung die Hauptsache, daher sich die aus dem Gesichtspunkt der letzteren vorteilhaften Tiefställe nur in den reinen Ackerbaugegenden vorfinden.

**) Vielleicht unter Mitwirkung des bei der Reaktion des Gipses auf das Ammoniumkarbonat sich bildende Calciumkarbonat, dessen Einfluß auf den Nitrifikationsprozeß ja bekannt ist.

***) Vergl. über $CaCO_3$ als Konservierungssalz Märcker u. Schneidewind: N. Zeitschr. f. Rübenz.-Fabrik, 1899, p. 161.

ohne zwingende analytische Beweise Mindererträgnisse in Topfversuchen nach Stallmist, Nitrat und Strohdüngung mit einem Fehlen an Stickstoff und erfand bereits neue Konservierungs-*) und Düngungsmethoden, wobei die Thätigkeit der gefürchteten Stickstofffresser durch sterilisierende und andere Mittel eingeschränkt werden sollte. Nicht allein, daß hierdurch die öffentliche Meinung in Bezug auf die Zweckmäßigkeit der bislang empfohlenen Pflege des Stallmistes sehr beunruhigt wurde**), der Hauptnachteil dieser leichtfertig heraufbeschworenen Sturm- und Drangperiode war die Diskreditierung des Stallmistes als Dünger überhaupt, welche Bestrebungen in der ausschließlichen Beachtung seiner flüssigen Bestandteile gipfelten, während die festen Bestandteile als gefährliche Träger und (in noch höherem Grade) Ernährer der stickstofffressenden Bakterien sehr über die Achsel angesehen wurden.

Die ganz neuen Versuche von Pfeiffer***) haben indessen in dieser Richtung ergeben, daß die beunruhigenden Mindererträgnisse, welche man bei gleichzeitiger Stalldünger- und Salpeterdüngung in Kulturgefäßen†) wahrgenommen hatte, sich nur zum kleinsten Teile durch Entweichen von Stickstoff erklären lassen, und außerdem, daß diese Verminderung bei Freilandversuchen überhaupt nicht oder nur in viel geringerem Grade††) konstatiert werden konnte. Die Resultate von Gefäßversuchen dürfen auch in diesem Falle nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse der großen Landwirtschaft übertragen werden und scheint die häufig beobachtete geringe Wirkung von Stallmiststickstoff z. T. auf die vorübergehende Entstehung schwierig assimilierbarer Verbindungen dieses Elementes, für deren Nachweis analytische Methoden noch nicht ausgebildet sind, zurückgeführt werden zu müssen. Auch der Stickstoff des Salpeters scheint sich bei diesem zeitweisen Unwirksamwerden zu beteiligen, und die Bedingungen zum Entstehen solcher Verbindungen namentlich in einer zu lockeren Lagerung des Mistes, wodurch eigentümliche Bakterienwirkungen begünstigt werden, gesucht werden zu müssen. Doch ist es auch nach den Pfeifferschen Versuchen wohl immer noch verfrüht, Folgerungen für die beste Weise der Düngerbehandlung zu ziehen. Durch diese und ähnliche Untersuchungen ist aber hoffentlich einem bedenklichen Wirrwarr, der auch dem guten Namen der Agrikulturchemie in den Augen der praktischen Landwirtschaft Schaden zuzufügen begann, ein Ende gemacht, und als bleibendes Ergebnis des ganzen Denitrifikationsalarmes *scheint* nur eine gewisse Vorsicht in dem Gebrauch frischen, strohreichen Stallmistes zugleich mit Salpeter oder auf stickstoffreichen Böden†††), weil in jenem viele organische Bestandteile vorhanden,

---

*) Vergl. z. B. Soxhlet: Wochenblatt des landw. Vereins für Bayern, 1897, Nr. 147.

**) Man ging sogar so weit, den Gebrauch von Pferdedünger aus Kasernen als überwundenen Standpunkt hinzustellen. Vergl. Pfeiffer: unten a. a. O.

***) Landw. Versuchsst., 1900, p. 412, 422, und die zusammenfassende Darstellung von O. Lemmermann: Kritische Studien, Jena, 1900. Ähnliche Resultate erhält auch Rogoyski (Bullet. internat. de l'acad. des sciences Cracovie, 1899, p. 385), wovon ich ein holländisches Referat gegeben habe in Landbk. Tijdsch., 1900, p. 240.

†) Vergl. hierüber Vorl. 14 dieses Abschnittes.

††) Siehe auch Krüger u. Schneidewind: Landw. Jahrb., 1900, p. 747, und 1901, p. 633, wonach auch NH_3 festgelegt werden kann.

†††) In guter Übereinstimmung mit der Praxis vieler Gegenden. Der Landwirt läßt den Stallmist immer gerne eine Gärung durchmachen, bevor er ihn auf den Acker bringt.

welche die denitrifizierenden Bakterien zu ernähren geeignet sind, übrig bleiben zu sollen. Außerdem erscheint die gesonderte Bewahrung der Jauche in direkten Behältern nach diesen Untersuchungen in besonders günstigem Lichte.

Zum Schlusse unserer heutigen Betrachtungen müssen wir endlich von dieser Jauche als häufig selbständig benutztem Bestandteil des Stallmistes reden.

Der Stallmist pflegt ja nach den vorherrschend üblichen Behandlungsmethoden sich in zwei ungleich geartete Teile zu scheiden, die auch häufig für sich verwendet und mit verschiedenen Namen belegt werden. Der Mist läßt, auf der Düngerstätte liegend, den Überschuß seiner flüssigen Teile los, und in geordneten Wirtschaften wird das Abfließende durch eigene Vorrichtungen (dichte, unterirdische Gruben) sorgsam aufgesammelt; oder aber der Stall ist schon so eingerichtet, daß ein Teil der flüssigen Exkremente nicht von der Streu aufgesogen wird, sondern direkt durch eigens zu diesem Zwecke angelegte Rinnsale zusammenläuft. Aber auch in diesem Falle tritt in der Regel noch eine Wechselwirkung der so gesammelten flüssigen Auswurfstoffe mit dem festen Miste ein, indem häufig, sei es durch Arbeiten mit der Pfuhlpumpe oder Feststampfen durch die Tiere selber, für eine Anfeuchtung des Mistes durch jene gesorgt wird oder gar die ohne Streu gesammelten festen Exkremente in ihnen aufgerührt werden.

Also auch in diesem Falle besteht jener flüssige Teil des Stallmistes nicht lediglich aus dem tierischen Harn, sondern aus dem Harn, der längere oder kürzere Zeit die festen Exkremente (die Einstreu ist in dieser Beziehung zu vernachlässigen) ausgelaugt hat, auch wohl auf den nicht überdachten Düngerstätten durch Regen vermehrt worden ist. Da nun in dem auf der Düngerstätte lagernden Miste chemische Prozesse unausgesetzt verlaufen, da ferner ein Gleiches für die in der Flüssigkeit gelösten Stoffe zu sagen ist, so wird sich jener flüssige Teil des Mistes wesentlich von dem ursprünglichen Harn in seiner Zusammensetzung unterscheiden können.

Der noch übrigbleibende feste Teil des Mistes, der nun vermöge seiner Wasserkapazität mit Flüssigkeit imprägniert ist, wird als *Stallmist* im engeren Sinne des Worts, die abgelaufene Flüssigkeit an verschiedenen Orten als *Jauche, Pfuhl, Gülle, Adel* (*Gier, Aalt* holl.) bezeichnet.

Obgleich also diese Jauche ursprünglich nichts anderes ist als der flüssige Teil der Ausleerungen der landwirtschaftlichen Nutztiere, etwa noch mit Spül- und Regenwasser vermischt, so ist nun nicht außer acht zu lassen, daß dann bei Durchtränkung der festen Auswurfstoffe und des Streumaterials mit diesen flüssigen Teilen sekundäre Prozesse verlaufen, welche unter anderem auch bis dahin feste Teile verflüssigen. Ich erinnere z. B. an die heute schon zu andern Demonstrationen benutzten Untersuchungen Völckers, aus denen hervorgeht, daß unter Umständen die Menge der löslichen organischen Stoffe bedeutend zunimmt, ebenso die Menge des Ammoniaks, das natürlich größtenteils als in löslichen Salzen vorhanden gedacht werden muß. Die gleiche Thatsache läßt sich ferner auch dadurch leicht zugänglich machen, daß man auf den zwar geringen, aber ganz regelmäßigen Phosphorsäuregehalt der Jauche hinweist, während wir gelernt haben, daß der Harn der den Stallmist produzierenden Tiere entweder ganz oder doch nahezu phosphorsäurefrei ist. Der phosphorsäurehaltige Schweineharn kommt hier nämlich seiner geringen Menge wegen kaum in Betracht.

Nach Untersuchungen von Jauche, ausgeführt von der Versuchsstation zu Wageningen, wovon die Zahlen indessen natürlich ebensowenig wie eine besondere Analyse des Stallmistes für andere Fälle maßgebend sein können, sind die folgenden Angaben gemacht, neben die ich noch einmal die Zahlen für die Zusammensetzung der einzelnen Harnarten setzen will:

	Mistjauche.	Harn vom Pferd.	Rindvieh.	Schaf.
Wasser	97,4 %	90 %	93,8 %	87,5 %
Organ. u. flücht. Subst.	1,6	7	3,2	8
darin Stickstoff	0,16 %	1,5 %	0,3—0,6 %	1,3—2,5 %
Aschenbestandteile	1,0	3	3	4,5
darin Phosphorsäure	0,01	0	0	Spuren
„ Kali	0,5	1,6	1,3	2,1.

Man sieht zunächst, daß man es in der Jauche, wie man sie nach den noch vorherrschenden Betriebsmethoden aus einer unbedeckten Düngerstätte sammelt, in der Regel mit einer beträchtlich verdünnteren Flüssigkeit zu thun hat wie mit dem ursprünglichen Harn; der weit höhere Wassergehalt, die viel geringere Kali- und Gesamtaschenmenge der Jauche legen hierfür ein unzweideutiges Zeugnis ab. Die Verdünnung der flüssigen Bestandteile des Stallmistes durch Regenwasser ist weitaus nicht unter allen Umständen als ein Übelstand anzusehen, wenn nur die Jauchengrube völlig undurchlässig ist. Es ist vielmehr darauf hinzudeuten, daß diese Verdünnung an vielen Orten eigens durch Zuführen von Wasser geschieht, da die verdünntere Pflanzennahrung die zuträglichere ist und dazu einem Verlust an Ammoniak durch Verdünnung*) vorgebeugt wird. Die so verdünnte Mistjauche heißt dann wohl im engeren Sinne des Wortes „Gülle". Die allgemeinere Zweckmäßigkeit dieses Verfahrens scheitert nur an den dadurch entstehenden Transportkosten.

Um dann von der Qualitätsveränderung, welche die Flüssigkeit des Mistes bei längerer Berührung mit dessen festen Teilen und durch die atmosphärischen Einflüsse erleidet, eine Vorstellung zu gewinnen, ist die Zusammensetzung der Jauche vorzüglich mit der des Rindviehharns zu vergleichen, und da sehen wir denn, daß die erstere, mit Ausnahme ihres geringen Phosphorsäuregehaltes, etwa wie ein verdünnter Rindviehharn ohne weitere Qualitätsänderung erscheint. Dieselbe ist allerdings gewöhnlich stickstoffärmer, als jener Verdünnung entspricht, und wir müssen annehmen, daß, wenn die Flüssigkeit Ammoniaksalze, welche durch Zersetzung der stickstoffhaltigen organischen Bestandteile des festen Mistes entstanden sind, aus diesem ausgelaugt hat, eine größere Menge von Ammoniak aus der Jauche sich wieder verflüchtigt hat. — Völcker hat vergleichende Untersuchungen über die Jauche eines frischen Misthaufens und eines gut verrotteten mitgeteilt**), aus denen sich eine ungefähr ebensogroße Verdünnung dieser Flüssigkeit ergiebt. Wir wollen einige Zahlen, die aus seinen Angaben berechnet wurden, hier anführen:

---

*) Siehe hierüber die in der heutigen Vorlesung gelegentlich der Besprechung der Gipskonservierung zur Sprache gebrachten Gesichtspunkte.

**) Journ. of England, V. 18, p. 111; und Heiden: Düngerlehre, II, p. 98.

	Mistjauche			
	aus frischem,		aus verrottetem Mist.	
Wasser	98,06 %		98,91 %	
Organische u. flüchtige Substanz	1,02		0,38	
(davon Humussubstanzen)				0,18 %
Stickstoff		0,06 %		0,06
(davon in Form von Ammoniak)		0,02		0,05
Asche	0,92		0,71	
Phosphorsäure		0,05*)		0,01
Kali		0,34		0,23.

Einer strengen Vergleichung sind allerdings die Resultate dieser beiden Analysen nicht fähig, da die Jauchen nicht aus gleichartigen Misthaufen gewonnen waren. Die größere Verdünnung der Jauche des verrotteten Mistes rührt nur von einer noch größeren Menge Regenwasser her, welche derselben beigemischt war. Von Interesse ist aber die Anwesenheit einer beträchtlichen Menge von Humussubstanzen in der Jauche des verrotteten Düngers und die verhältnismäßig größere Menge Ammoniaks in dieser selben Flüssigkeit.

An der Station zu Wageningen wurde dagegen noch gefunden bei Jauche aus einer und derselben nordholländischen Wirtschaft:

	Jauche	
	ungegoren	gegoren
Stickstoff als Ammoniak und leicht zersetzbare Amide	0,16 %	0,13 %
Organische und flüchtige Stoffe	1,59	1,22
Kali	0,75	—.

Also weit höhere Konzentrationen.

*) Die verhältnismäßig große Menge Phosphorsäure in dieser Jauche ist z. T. der Zumischung von Schweinedung zuzuschreiben.

Fünfte Vorlesung.

Der Stalldünger (Schluß). — Gebrauch der verschiedenen Mistarten. — Das Nährstoffdefizit bei ausschließlicher Verwendung des Stallmistes.

Nachdem wir früher die einzelnen Bestandteile des Stallmistes nach ihrer Zusammensetzung und ihren Eigenschaften und in der vorigen Vorlesung dessen Veränderung im Falle einer vollständigeren oder unvollständigeren Konservierung kennen gelernt haben, wollen wir heute zur Besprechung des Gebrauchs des Stalldüngers übergehen. Wir können dabei aber selbstverständlich nicht alle verschiedenen Streumaterialien berücksichtigen, noch von allen möglichen Zusätzen eines Konservierungs- oder Desinfektionsmittels Notiz nehmen, sondern legen einfach diesen Betrachtungen die Annahme der Verwendung des für unsere Verhältnisse gewöhnlichsten Streumaterials, des Getreidestrohs, sowie eine einigermaßen rationelle Behandlung zu Grunde.

Die verschiedenen Mistarten, wie sie von den einzelnen Haussäugetieren gewonnen werden, zeigen natürlich entsprechend der Zusammensetzung der Exkremente dieser Tierarten ziemlich verschiedene Eigenschaften. Weiter wird das Verwesungsstadium des Mistes namentlich für dessen Zusammensetzung und Eigenschaften in Betracht kommen. Es wird also bei der Besprechung des Stallmistes einmal zwischen *Pferdemist, Rindviehmist* etc., andererseits zwischen *frischem Mist, verrottetem Mist* unterschieden werden müssen.

In betreff der praktischen Verwendung der einzelnen Mistarten in den verschiedenen Zersetzungsstadien und der Verwendung von Jauche müssen wir uns aus in den hinter uns liegenden Vorlesungen z. T. schon erörterten Gründen auf einige Andeutungen beschränken. Wir haben es hier in der Regel mit wirtschaftlich sehr wohl bewährten Maßregeln zu thun, die aber bisher eine nur mehr empirische Begründung gefunden haben und wegen der Kompliziertheit der dabei ins Spiel kommenden Faktoren einer theoretischen Bearbeitung erst nach und nach zugänglich werden.

Die konzentrierten und insbesondere stickstoffreichen tierischen Dünger, wie Schaf- und Pferdemist, werden in der Praxis als *hitzig* bezeichnet. Die landwirtschaftlichen Lehrbücher empfehlen, diese Düngerarten, abgesehen von deren Bedeutung für die intensiven Kulturen (Gärtnerei, Tabakbau), mehr auf kalten Bodenarten anzuwenden. Umgekehrt werden die mehr wässerigen Ausleerungen des Rindviehs und der Schweine als *kalte Düngerarten* bezeichnet und wohl mehr für die warmen Böden empfehlen. Es handelt sich hier darum, den Sinn dieser praktischen Lehre [illegible] zu machen.

[illegible] Bodenarten werden nach der Ausdrucksweise der Landwirte [illegible], und wir haben in unseren Betrachtungen

über die physikalischen Eigenschaften der Ackererden ja thatsächlich gelernt, daß es in erster Linie ein hoher Wassergehalt ist, der die Temperatur des Bodens herunterdrückt. Daraus geht hervor, daß es die sehr porösen, leichten, ganz vorzüglich die Sandböden sein müssen, die in der Praxis das Epitheton „warm“ empfangen. Unter kalten Bodenarten werden durchaus entsprechend die bindigen Böden von großer wasserhaltender Kraft, also namentlich die schweren Thonböden verstanden.

Man wäre nun wohl geneigt, entsprechend diesem verführerischen Sprachgebrauch die gegebene praktische Lehre so zu deuten, als müßten die kalten Böden durch den hitzigen Zustand erwärmt, die warmen durch den kalten Mist in der Temperatur gemäßigt werden, da ja die hitzigen Mistarten infolge ihres größeren Gehaltes eine raschere Zersetzung erleiden und dabei eine größere Menge von Wärme produzieren*); und es ist wohl kein Zweifel daran, daß der gemeine Verstand sich die Sache ungefähr in dieser Weise zurecht legt.

Allein der Sache strenger ins Auge gesehen, haben wir es hier mit einem jener vielen rein praktischen Lehrsätze zu thun, die man, vielleicht nur um sie besser dem Gedächtnis einzuprägen, auf eine oberflächliche aber sehr in die Sinne fallende Theorie stützt. Wir haben schon früher darauf hingedeutet, daß die Vorstellung von der Wärmeentwickelung im Boden durch Mist oder andere verwesende organische Substanzen eine wenig begründete ist, daß es sich, abgesehen von Mistbeeten und dergleichen, bei dieser Verwesung durch längere Perioden hindurch unmöglich um irgendwie erhebliche und dem Pflanzenwuchs zu gute kommende Temparatursteigerungen handeln kann. Die Erklärung der mitgeteilten praktischen Lehre macht sich, seitdem wir Kenntnis von den Absorptionserscheinungen besitzen, in viel einleuchtenderer Weise geltend und fällt ungefähr mit der Erklärung der schon früher angeführten Regel, auf leichten Böden öfter aber schwächer, auf schweren Böden seltner aber stärker zu düngen, zusammen. Der konzentriertere Dünger würde auf dem warmen, leichten Sandboden, der nur ein geringes Absorptionsvermögen besitzt, weit konzentriertere, leicht dem Pflanzenwuchs schädliche Bodenlösungen erzeugen, und es würde so zugleich ein Teil der gegebenen Düngung durch den Regen hinweggeführt werden. Auf dem thonigen Boden ist dergleichen nicht zu befürchten, und man kann diesen Bodenarten ruhig den hitzigeren Dünger einverleiben.

Übrigens ist es nicht meine Absicht, die soeben besprochene Düngungsregel als eine allezeit zweckmäßige in jeder Hinsicht zu verteidigen, sondern nur, soweit sie

*) Es ist ja nicht zu verkennen, daß der verhältnismäßig trockene und poröse Pferdemist auch abgesehen von der Konzentration, wie schon früher angedeutet, für sich selber leichter der Oxydation und der damit verbundenen Selbsterhitzung zugänglich ist als der breiige Rindermist, der leicht zu einer zähen Masse austrocknet. Daher die Geeignetheit der ersteren zur Anlegung von warmen Mistbeeten und daher wohl hauptsächlich die in Rede stehende Benennung. — Über den Nichtparallelismus von Selbsterhitzung mit Umsatz von organischer Substanz hat Holdefleiß (a. i. d. vor. Vorles. a. O.) merkwürdige Beobachtungen gemacht, die nicht anders zu erklären sind, als daß bei Zusatz von Konservierungssalzen wenige organische Stoffe sehr vollständig, bei Fehlen derselben viel organische Stoffe unter Abspaltung sauerstoffarmer Spaltungsprodukte (vielleicht Humusstoffe) zersetzt werden. Daher im ersteren Falle stärkere Erhitzung bei geringerem Verschwinden von Organischem.

zu Recht besteht, eine theoretische Erläuterung derselben zu geben. Dem mit praktischen Verhältnissen Vertrauten kann ja nicht entgehen, daß einerseits dem Landwirte in vielen Fällen gar keine Wahl gelassen ist, da er eben seinen Dünger, ist derselbe nun warm oder kalt, auch auf *seinem* Boden, sei derselbe nun warm oder kalt, verwenden muß. Außerdem giebt es einzelne Kulturpflanzen, die, wie der Tabak, eine außerordentlich kräftige, aber nicht allzu voluminöse Düngung verlangen und aus diesem Grunde sehr vorteilhaft mit Schafmist gedüngt werden, gleichgültig ob der Boden von hohem oder geringem Absorptionsvermögen ist.

Es sind dann weiter die praktischen Lehren zu besprechen, welche sich in betreff der Verwendung frischen oder verrotteten Mistes in den Lehrbüchern der Landwirtschaft finden. Wir stoßen dort auf die Regel, daß der frische Mist, welcher noch keine Zersetzung erlitten hat, auf einem trockenen Sandboden, wenigstens in den trockenen Sommermonaten nicht angewendet werden dürfe, sondern nur verrotteter Mist, während derselbe für nasse und schwere Thonböden den Vorzug verdiene. Diese Regel ist offenbar nicht auf den oben geltend gemachten Gesichtspunkt der ungleichartigen Absorptionsfähigkeit zurückzuführen, sondern einfach auf den Umstand, daß der lockere Boden einerseits keiner weiteren Lockerung durch den frischen, noch unzersetzte Strohelemente enthaltenden Mist bedarf, und daß andererseits in ihm in der trocknen Jahreszeit ein Moment der Verwesung, die Feuchtigkeit, fehlt und somit die schwer verweslichen holzigen Teile ohne großen Nutzen im Boden sind. Es wird also bei Verwendung von verrottetem Mist auf den schnelleren Umsatz des Düngerkapitals hingedeutet, der natürlich in allen den Fällen, wo die physikalische Wirkung entbehrlich ist, als ein wirtschaftlicher Vorteil erscheint. Dementsprechend wird auch in kalten Gegenden, wo es sich darum handelt, durch rasch assimilierbare Pflanzennahrung die Vegetationsperiode abzukürzen, die Verwendung verrotteten Düngers schlechthin empfohlen*).

Andererseits bedarf der schwere thonige Boden der Lockerung aus Gründen, die aus früher Gesagtem leicht hergeleitet werden können, und darum erscheint hier der lange Mist an seinem Platze. — Hier sind es also wesentlich physikalische Verhältnisse, die diese verschiedenartige Verwendung bedingen. — Es muß allerdings einstweilen dahingestellt bleiben, ob diese Begründung jener praktischen Lehre eine ausreichende ist. — Auf Weiden verwendet man mehr frischen Dünger, weil er lose ist, sich weniger fest legt, den Pflanzen in der rauhen Jahreszeit mehr Schutz gewährt und endlich aus demselben das Stroh gelegentlich wieder zusammengerecht werden kann zur erneuten Benutzung.

Eine viel umstrittene Frage war weiter früher das Obenaufliegenlassen des gebreiteten Düngers auf dem Ackerlande, aber dieselbe ist unschwer aus theoretischen Gesichtspunkten zu beantworten. Das auf dem Düngerhaufen so sehr zu fürchtende Ausspülen ist natürlich hier unschädlich, weil gerade durch dasselbe die düngenden Stoffe dahin gelangen, wo sie ihre Wirkung ausüben sollen, und ist nur zu Anfang, bevor die Ausspülung genügend vorgeschritten, ein Verlust von Ammoniak durch den

---

*) Daß der verrottete Mist ärmer ist an denitrifizierenden Bakterien (vergl. P. Wagner: Forsch. über d. relativ. Düngerwert etc., p. 200), lassen wir aus in der vorigen Vorlesung angedeuteten Gründen als zu berücksichtigendes Moment einstweilen zur Seite liegen.

Sonnenschein zu fürchten*). Daher die Regel, daß das Obenaufliegen in regnerischer und kalter Jahreszeit unschädlich ist, sich von selbst ergiebt, während diese Maßregel im übrigen z. B. zum Schutz eines den Winter überdauernden Gewächses, z. B. Klee, geradezu sehr nützlich sein kann. Daß aber, solange nicht untergepflügt ist, die physikalische Bodenverbesserung infolge der Düngung sehr beschränkt wird, wo nicht ganz ausbleibt, versteht sich von selbst. — Der längere Verbleib der Misthaufen auf dem Lande ist aber natürlich wegen der Ungleichheit der Düngung, welche auf diese Weise erzielt wird, in hohem Grade nachteilig, wie jeder gute Beobachter schon aus den in diesem Falle entstehenden regelmäßig über das Land verteilten Geilstellen schließen wird. — Was die Zeit des Unterpflügens angeht, so wurde neuerdings darauf hingewiesen, daß es im Hinblick auf die Nitrifikation, welche erst in Berührung mit der Erde gut fortschreitet, erwünscht ist, dies einige Wochen vor dem Aussäen des Gewächses zu thun. Leider kann man diesem Winke praktischer Umstände halber nicht immer Folge leisten.

Was dann die übliche Größe der Stallmistdüngungen betrifft, so ist es an dieser Stelle nur nötig, davon Notiz zu nehmen, daß eine gewöhnliche Düngung etwa aus 30 Frachten à 1000 kg besteht. Darin ist nach früher gemachten Angaben also etwa im Mittel 150 kg Stickstoff, halb soviel Phosphorsäure und etwa 200 kg Kali anwesend, wovon aber, namentlich was die beiden ersten Bestandteile betrifft, nur ein Teil in leicht verfügbarer Form. Trotzdem ist schon in einer solchen einfachen Düngung viel mehr gegeben, als durch die meisten Gewächse jährlich dem Boden entzogen wird, daher dann eine Stallmistdüngung in den meisten Fällen für einige Jahre dienen muß. — Eine starke Düngung nennt man etwa die doppelte der oben angegebenen Menge. Eine solche ist der Natur der Sache nach mehr für schwere Böden geeignet, bei welchen ihres großen Absorptionsvermögens wegen ein Ausspülen der überflüssig gegebenen Bestandteile weniger zu fürchten ist. Die anspruchsvolleren Gewächse werden dann in der für schwere Böden langen Fruchtfolge unmittelbar hinter die frische Düngung gesetzt. — Nur in seltenen Fällen wird die Düngung noch größer, und namentlich der Gartenbau zieht eine häufigere Wiederholung der Düngung dem allzugroßen Mistquantum vor. Beim Tabaksbau in Holland dagegen geht die Düngung in einzelnen Fällen bis zum Fünffachen der schwachen Düngung oder bis zu der kolossalen Masse von 150000 kg pro Hektar; aber hier handelt es sich um die Ernährung eines zarten Gewächses, welches eigentlich nicht in unser Klima gehört und nur durch ganz besondere Pflege gedeihen kann, und um die Vollendung von dessen Reife in wenig Monaten, während die Preise des Produktes bei guter Qualität so hohe sind, daß sie auch die größten Düngerkosten bezahlt machen und über den Verlust von namhaften Mengen von Nährstoffen hinwegblicken lassen.

Weiter müssen für die Anwendung der Jauche einige Anhaltspunkte gegeben werden. Alle praktischen Regeln, welche in Bezug auf die Verwendung dieses flüssigen Düngers gegeben werden, lassen sich auf die rasche, aber wenig anhaltende Wirkung desselben zurückführen. Wo es sich darum handelt, einer schwächlichen Saat rasch aufzuhelfen, eine sehr nährstoffbedürftige Pflanze wie z. B. die Runkeln,

---

*) Vergl. E [illegible] a. d. Geb. d. Agrik.-Phys., 1889, p. 55. Auch die Absorption des A[illegible]en Boden kommt natürlich in Betracht.

den Kohl, den Mais zur Zeit seiner intensivsten Vegetation zu einem Maximum der Produktion zu bringen, da wird die Verwendung der Jauche empfohlen; aber eine länger andauernde Wirkung für die nachfolgende Frucht oder auch nur für den zweiten Schnitt eines und desselben Futtergewächses wird von diesem Düngemittel nicht erwartet. Diese praktische Erfahrung steht durchaus im Einklang mit den theoretischen Anschauungen, die wir von der Düngebefähigung der Jauche hegen müssen. Alle in derselben enthaltenen Bestandteile sind gelöst, meistens auch schon in der Form vorhanden, wie sie von der Pflanze aufgenommen werden können; ihr Verbringen in den Boden erhöht direkt die Konzentration der Bodenlösung an wirklichen Nährstoffen, und selbst der Teil der Bestandteile, welcher im Boden Absorption erleidet, ist leicht verfügbar. Es ist demgemäß unthunlich, durch Jauchedüngung eine so große Menge von Nährstoffen in den Boden zu bringen, daß für sehr lange Perioden eine Nachwirkung stattfinden könnte, denn bei einem solchen Unternehmen würden einerseits die Konzentrationen der Bodenlösungen viel zu hohe werden und so der Vegetation ein direkter Schaden entstehen, andererseits auf diese Weise viel in den Untergrund gespült werden, und so doch bald eine Erschöpfung eintreten. Die erwähnte praktische Erfahrung erscheint uns also in jeder Beziehung durchaus selbstverständlich.

Was die Verteilung des festen und des flüssigen Düngers auf die verschiedenen Bodenarten betrifft, so läßt sich angeben, daß die Jauche auf allen Böden Verwendung findet, und daß sich ihre Anwendung weit mehr nach der Pflanze richtet. Nur kann man wieder hinzufügen, daß auf Böden von geringem Absorptionsvermögen, also auf den leichteren Sandböden, geringere Mengen zu verwenden sind, und eher eine öftere Wiederholung der Düngung empfehlenswert erscheint als auf schweren Thonböden oder humosen Böden von großem Absorptionsvermögen. Weiter ist darauf aufmerksam zu machen — und wir werden dies später für viele künstlichen Dünger zu wiederholen haben —, daß die Jauche, bei ihrem völligen Mangel an festen organischen Substanzen, jene physikalischen Funktionen, welche die verwesenden Pflanzenreste eines von Menschenhand unberührten Bodens oder der Stallmist auszuüben fähig sind, natürlich nicht zu leisten vermag, und daß sie schon aus diesem Grunde für die meisten Böden, zumal die einer Auflockerung bedürftigen schweren Thonböden, nicht als *alleiniger* Dünger zu verwenden ist.

Dazu kommt dann noch endlich die einseitige chemische Zusammensetzung der Jauche, welche sich in den Worten wiedergeben läßt: Viel Kali, in zweiter Linie Stickstoff, sehr wenig Phosphorsäure, infolge wovon eine einseitige Jauchendüngung auch auf physikalisch günstigen Böden eine auf die Dauer unvollständige Pflanzenernährung zur Folge hat. Am besten ist in jeder Hinsicht die Jauchendüngung mit der Salpeterdüngung zu vergleichen, für welche in einer der späteren Vorlesungen Winke gegeben werden sollen.

Außer den praktischen Regeln über die Verwendung der aus den Exkrementen unserer Haussäugetiere hervorgehenden einzelnen Düngerarten auf verschiedenen Böden sind nun aber natürlich auch solche in Bezug auf einzelne Kulturen in Kürze anzudeuten. Diese lassen sich indessen nicht mit alleiniger Berücksichtigung jener wenigen Momente, sondern teilweise nur durch spezielles Eingehen auf die Verteilung der einzelnen Nährstoffe in den verschiedenen Düngerarten, teilweise wegen

Kompliziertheit der einschlägigen Verhältnisse auch noch gar nicht aus theoretischen Gesichtspunkten verstehen.

In den hierher gehörigen Düngerarten sind, wie wir gesehen haben, außer den mehr physikalisch wirkenden Substanzen im wesentlichen drei wichtige Pflanzennährstoffe enthalten, die für derartige Betrachtungen berücksichtigt werden müssen: die *Stickstoffverbindungen,* die *Phosphorsäure* und das *Kali.* Es ist nun allerdings richtig, daß in dem Mist der verschiedenen Tierklassen, wenn derselbe noch nicht durch sekundäre Eingriffe in seiner Zusammensetzung geändert ist, entsprechend ihrer immerhin doch ziemlich gleichartigen Ernährung diese einzelnen Bestandteile in nicht allzu verschiedenen Verhältnissen enthalten sind, und dem entsprechend hat sich auch kein ausgesprochener Usus der Verwendung des Mistes dieser oder jener Tierart zu ganz bestimmten Gewächsen in erwähnungswertem Maßstab ausgebildet. Allein bei der Trennung des Mistes einer und derselben Tierart in zwei heterogene Bestandteile von sehr verschiedenartiger Zusammensetzung und namentlich verschiedenartiger Verteilung jener drei wichtigsten Bestandteile, im festen Mist und Jauche tritt sogleich die verschiedene Verwertbarkeit dieser Düngestoffe für einzelne Kulturen hervor.

Wir haben früher gesehen, daß der Dünger hauptsächlich deshalb nützlich auf den Pflanzenwuchs wirkt, weil durch ihn dem Boden Bestandteile wiedergegeben werden, welche nach dem natürlichen Lauf der Dinge niemals demselben entrissen worden wären, und von diesem Standpunkte aus sollte man im einzelnen realen Falle vorzüglich solche Düngestoffe für zuträglich halten, die in ihrer Zusammensetzung möglichst der letztentnommenen Ernte ähneln. In der That wurde dieser Standpunkt früher von einzelnen Agrikulturchemikern eingenommen und sogar ausgesprochen, ein jeder natürliche Dünger wirke am besten auf das Gewächs, aus dessen Umsetzung im Tierkörper er entstanden wäre. — Es ist jedoch kein langes Nachdenken dazu erforderlich, um zu erkennen, daß diese Auffassung eine sehr kurzsichtige ist. Verschiedene Bodenarten sind sehr verschieden zusammengesetzt und für einzelne Kulturen in sehr verschiedenem Grade geeignet. Dabei ist der von Menschenhand unberührte Boden durchaus nicht durchweg zur höchsten Produktion befähigt. Wir kommen schon hierdurch wieder auf den eingangs dieses Abschnittes betonten Satz zurück, daß eine Düngung nicht den einzigen Zweck der Leistung eines Wiederersatzes hat, sondern daß man sie vornimmt, um irgend welche Ernährungsbedingungen der Pflanzen in einem günstigeren Verhältnisse darzubieten, und daß höchstens nur bei der Leistung des Ersatzes die Wahrscheinlichkeit im allgemeinen am größten ist, dieses Verhältnis günstig zu gestalten. Es kann also in dieser Allgemeinheit nicht gesagt werden, daß, wenn z. B. eine Düngersorte eine ähnliche Zusammensetzung hat wie eine *entnommene* Ernte, d. h. wenn das Verhältnis von Kali, Phosphorsäure und Stickstoff in beiden annähernd dasselbe ist, irgend eine besondere Aussicht dafür vorhanden ist, daß die Düngung mit der entsprechenden Menge Jauche für diese Kultur die möglichst zweckmäßige sei. Ebenso verkehrt würde es sein, lediglich Rücksicht zu nehmen auf die Zusammensetzung der *kommenden* Ernte oder der einem bestimmten Fruchtwechsel angehörigen Reihe von Ernten und die Meinung zu hegen, daß, wenn man die zu gebende Düngung möglichst genau in Menge und Gehalt nach dieser gehofften Ernte richtet, die Aussicht auf die Wirksamkeit der Düngung eine möglichst große sei. Ein kurzer Hinweis auf die in

Hinsicht auf das Bedürfnis der Pflanzen *zufällige* Zusammensetzung des Bodens und namentlich auf unsere naturwissenschaftliche Kenntnis von den Gesetzen der Stoffaufnahme wird genügend sein, um dies deutlich zu machen. Wir wissen vielmehr, daß es ganz von der vorausgehenden Zusammensetzung des Bodens abhängig ist, die doch zu dem Bedürfnis der nun erfolgenden Kultur in gar keiner Beziehung steht, ob die Zufuhr jedes einzelnen Nährstoffs der zu bauenden Gewächse notwendig oder nützlich ist.

Sodann haben wir uns zu erinnern, daß nicht alles in zugänglicher Form im Boden Vorhandene von der Pflanze in einer Kulturperiode aufgenommen werden kann, sondern daß es dabei auf die Wurzelverzweigung, die osmotischen Eigenschaften der Wurzelzellen u. s. w. — daß es mit einem Worte auf die nicht in Zahlen ausdrückbare *spezifische Organisation* eines Gewächses ankommt, ob ihm der im Boden vorhandene Vorrat zum üppigen Wachstum genügt; daß der *erforderliche Vorrat* also *in keinem einfachen Verhältnis steht zu dem wirklich in die Zusammensetzung des Organismus Eingehenden.* Das heißt also, der hervorragende Kali- oder Stickstoffgehalt eines Gewächses ist durchaus kein untrüglicher Beleg dafür, daß dasselbe nun auch eine sehr große Menge von Kali resp. Stickstoff im Boden voraussetzt. Als bekannteste Belege sind hier anzuführen nicht nur das geringe Stickstoffbedürfnis des stickstoffreichen Klees — da dieses eine besondere Ursache hat —, sondern auch das geringe Phosphorbedürfnis der keineswegs phosphorarmen Lupinen, das verhältnismäßig geringe Kalibedürfnis der kalireichen Rüben oder das geringe Kalkbedürfnis des kalkreichen Tabaks*).

Daraus geht nun aber in unzweideutiger Weise hervor, daß sich eine Düngung in ihrer Menge und Zusammensetzung unmöglich richten kann nach dem sogenannten „Bedarf" der Gewächse, wie man ihn durch die Analyse der gemachten Ernte ermittelt**), sondern daß, abgesehen von den spezifischen Eigenschaften des Bodens, viel kompliziertere Umstände zu berücksichtigen sind, um eine möglichst zweckmäßige Zufuhr der einzelnen düngenden Bestandteile zu ermöglichen; und da alle diese vielseitigen Verhältnisse noch nicht genügend naturwissenschaftlich studiert, auch in ihren unübersehbaren Wechselbeziehungen kaum einer exakten Behandlung fähig sind, so kann in Bezug auf die Wahl der Düngung einstweilen nur die *praktische Erfahrung* endgültig entscheiden, während es der Theorie nur vorbehalten bleibt, Anhaltspunkte zu geben, die allerdings jene sehr wesentlich erleichtern, weil sie für anzustellende Versuche als Orientierungspunkte dienen.

An dieser Stelle machen wir die Anwendung von diesen einer viel allgemeineren Anwendung fähigen Auseinandersetzungen, daß die getrennte Verwendung von Jauche und festem Stallmist bei einzelnen Kulturen sich unmöglich richten kann nach der übereinstimmenden Zusammensetzung dieser Düngerarten und der zu machenden

---

*) Hierher gehört auch die in den Tropen bekannte Erfahrung, daß Zuckerrohr in in der Regel ausschließlich mit N gedüngt zu werden braucht.

**) D. h. unter anderem, daß der von Liebig ausgesprochene Satz (Die Chemie etc., 1862, I, p. 244): „Die festen und flüssigen Exkremente eines Tieres haben als Dünger für diejenigen Gewächse den höchsten Wert, welche dem Tiere zur Nahrung gedient haben", unmöglich genau richtig sein kann.

Ernte, sondern nach den spezifischen Bedürfnissen der angebauten Gewächse, die eben bis jetzt allein durch die praktische Erfahrung festgestellt werden konnten.

Diese praktische Erfahrung lehrt nun, daß die Mistjauche besonders für Futterpflanzen, d. h. also auf Wiesen und ebenso für Grünmais, auch Runkeln und andere Futterrüben, ebenso für Gemüse, von großer Wirksamkeit ist, während sie sich wie alle spezifische Stickstoffdüngung für den Anbau von Leguminosen und samentragenden Gewächsen weniger bewährt hat. Nur im ersten Frühjahr werden auch wohl Halmfrüchte durch Kopfdüngung mit Jauche zu stärkerem Wachstum angeregt. Dies beruht nur zum kleinen Teil darauf, daß, um keine zu konzentrierten Nährstofflösungen im Boden und Verluste durch Auswaschung zu veranlassen, die Düngung mit flüssiger Jauche in nicht zu großen Mengen und darum wo möglich mehrmals in einer einzigen Vegetationsperiode gegeben werden muß, ein Verfahren, das auf einem mit reifenden Früchten bestandenen Felde aus einer Reihe von Gründen nicht eingeschlagen werden kann, bei Futtergewächsen dagegen nach einem entnommenen Schnitte oder bei Rüben (zwischen den Reihen) sich ganz vortrefflich macht.

Hauptsächlich spielt auch hier der wirkliche Bedarf an Nährstoffen eine hervorragende Rolle. Die Mistjauche ist, wie gesagt, ein kalireicher und ganz besonders phosphorsäurearmer Dünger; alle körnertragenden Früchte bedürfen dagegen zur Entwickelung ihrer Samen, oder besser gesagt, zur Produktion der eigentlichen Eiweißstoffe einer reichen und rechtzeitigen Stickstoff- und Phosphorsäureernährung, während die Futterpflanzen verhältnismäßig große Mengen von Kali in sich aufnehmen und durch den Stickstoff, da dieser unter den anwesenden Nährstoffen gewöhnlich im Minimum vorhanden ist, zur Massenproduktion angeregt werden; während bei den samentragenden Gewächsen diese Massenproduktion gar wohl mit dem Fehlschlagen des eigentlichen Zwecks der betreffenden Kultur endigen könnte*). Für den Anbau auch der nicht samentragenden Leguminosen kommt aber noch hinzu der früher im theoretischen Teile dieser Vorlesungen ausführlich erörterte Gesichtspunkt, daß diese Gewächse großenteils selbst für ihren Stickstoff zu sorgen vermögen. Aus demselben Gesichtspunkte erscheint Jauche auch dann auf Grasland häufig als eine Verschwendung, wenn sie auf Bauland mit Vorteil verwendet werden kann, da man auch dort meist, und zwar durch eine stickstofffreie Düngung selbst, für die Anwesenheit von genügenden Mengen von Leguminosen sorgen kann, welche die Notwendigkeit der teuren Stickstoffdüngung ersparen.

Andere Grundsätze, die mit dem hier Gesagten im Zusammenhang stehen, werde ich weiter unten bei Besprechung der noch mehr in ihrer Wirkung spezialisierten Kunstdünger anführen. Dieselben werden auch zu einigen Rückschlüssen in Bezug auf die Verwendbarkeit von Stallmist und Jauche Veranlassung geben können.

Nachdem wir uns durch die vorausgehenden Betrachtungen ein Bild verschafft haben von der Düngebefähigung der aus den Exkrementen unserer landwirtschaftlichen Haustiere hervorgehenden Düngersorten, wollen wir jetzt denselben Gegenstand von einem allgemeineren Gesichtspunkte aus, den man auch wohl als den der *Statik* bezeichnen könnte, behandeln. Wir werden auf diese Weise am raschesten zu der Einsicht gelangen, daß unter gewissen, genau zu bezeichnenden Umständen die

*) Vergl. in Bezug hierauf: Landbkundig Tijdschr., 1893, p. 7.

alleinige Verwendung der bis jetzt behandelten Düngerarten, die wir nun in ihrer Gesamtheit kurzweg als *Stallmist* bezeichnen können, nicht auf die Dauer im stande ist, die Fruchtbarkeit der Felder zu erhalten, daß die reine *Stallmistwirtschaft* unter jenen Umständen schließlich zu einem Punkte führen muß, wo es notwendig wird, andere Düngemittel neben jenen Stoffen zu verwenden.

Die Umstände zu ermitteln, für welche dies notwendig zutreffen muß, wird nun unsere Aufgabe sein. Im Grunde sind dieselben freilich schon durch frühere Betrachtungen angedeutet. Als wir von der Möglichkeit sprachen, die Zusammensetzung der Auswurfstoffe der landwirtschaftlichen Nutztiere und so mittelbar die des frischen Stallmistes aus der Fütterung zu berechnen, und die Bedingungen dieser Möglichkeit aufsuchten, da fanden wir, daß dazu notwendig sei, daß die betreffenden Tiere sich auf dem Erhaltungsfutter befänden, und daß keine anderen Stoffe außer den Exkrementen von diesen Tieren in erheblicher Menge produziert würden. Masttiere, tragende oder milchende Muttertiere, Jungvieh und endlich auch strenggenommen wollproduzierende Schafe mußten bei jener Düngerberechnung einem besonderen Kalkul unterworfen werden, d. h. bei denselben die Menge der im produzierten Fleisch, im Fett, den Knochen, der Milch, der Wolle u. s. w. vorhandenen Bestandteile von den Bestandteilen der verabreichten Fütterung in Abrechnung gebracht werden, um die Mengen des in den Auswurfstoffen enthaltenen Stickstoffs, des Kalis, der Phosphorsäure u. s. w. zu kennen.

Wir brauchen nun zu dem Resultate unserer damaligen Untersuchungen nur noch hinzuzusetzen, daß diejenigen Stoffe, welche dadurch, daß sie nicht dem tierischen Stoffwechsel anheimfallen, jenes Defizit in der Zusammensetzung des Stallmistes erzeugen, also Milch, der Körper des aufgezogenen Jungviehs und der zur Mast aufgestellten Tiere, nach dem natürlichen Lauf der Dinge großenteils nach außen verkauft werden und so auch zunächst nicht auf einem Umweg auf die Felder, aus deren Bestandteilen sie gebildet sind, zurückgelangen, während umgekehrt die Futterstoffe gerade in den Wirtschaftssystemen, für welche diese Betrachtungen Geltung haben, auf demselben Landgute gewachsen sind, auf dem sie den Tieren vorgelegt werden.

Aus diesem Sachverhalte sind nun offenbar wichtige Folgerungen für die dauernde Erhaltung der Fruchtbarkeit der Felder solcher Landgüter zu ziehen, wo tierische Produkte nach auswärts verkauft werden, natürlich immer vorausgesetzt, daß nicht von außen Düngestoffe oder Futterstoffe zugekauft oder auf eine andere Weise erworben werden. Der Stalldünger enthält in diesem Fall, ganz abgesehen von dem unter allen Umständen vorhandenen Defizit von organischer Substanz, ein Minus an Stickstoff und den einzelnen Aschenbestandteilen, das wenigstens genau so groß ist, wie der Gehalt der ausgeführten Produkte an diesen Stoffen; und wenn man nun diesen Stalldünger auf die Felder zurückbringt, auf welchen die Ernten gewachsen sind, so braucht auf denselben nun zwar nicht von Anfang an eine Minderproduktion stattzufinden, aber auf den ärmeren Bodenarten und nach einer gewissen Dauer eines solchen Betriebes wird dies immerhin der Fall sein, so daß von denjenigen Perioden an, wo der Dünger überhaupt einen wirtschaftlichen Wert erhält, der unter den bezeichneten Umständen produzierte Stallmist einen Minderwert besitzen wird, gegenüber einem anderen, dem die betreffenden Pflanzennährstoffe nicht entzogen sind.

Diese Folgerungen gelten nicht etwa, wie es uns die einseitige Auffassung der Liebigschen Schule früher gerne glauben machen wollte, für die Aschenbestandteile allein, sondern anfangs gewöhnlich (mit Ausnahme der modernen Leguminosenwirtschaften) in noch höherem Grade für den Stickstoff, welcher auch in der That bei der Wertbestimmung des Mistes nach den wirtschaftlichen Gesetzen der Nachfrage und des Angebots den höchsten Preis erhält. Nur das ist richtig, daß es allein die Aschenbestandteile sind, welche einem derartigen Betrieb, wenn wir ihn uns sehr lange Zeiten hindurch in derselben Richtung fortgesetzt denken, durch ihr beschränktes Vorhandensein eine endliche Grenze setzen würden, da für dieselben nicht atmosphärische Quellen zur Verfügung stehen.

Wir haben weiter zu berücksichtigen, daß der Landwirt nach dem gewöhnlichen Lauf der Dinge nicht allein Produzent von tierischen Produkten ist und nicht solche allein nach außen abführt. Derselbe erzeugt in der Regel eine Menge von Pflanzensubstanz, welche nicht zu seiner eigenen Ernährung und nicht zur Fütterung der von ihm gehaltenen Nutztiere verwendet wird, und wenn wir uns daher auch die Auswurfstoffe der Bewohner des Landguts selber dem Stallmiste einverleibt oder auf irgend eine andere Weise auf die Felder zurückgebracht denken, so ist diese Ausfuhr doch neben jenem Defizit im Stallmist eine Quelle des Verlustes an Düngerbestandteilen, welche ihrer Größe nach genau aus ihrem Gehalte an denselben ermittelt werden kann. *Die Ausfuhr von Korn und Fleisch* — so können wir die zwei Gruppen von verkauften Produkten der Einfachheit wegen kurz bezeichnen — *ist die still und langsam wirkende Ursache der Änderung der Fruchtbarkeitsfaktoren der Felder in einem ganz bestimmten Sinne.*

Einige Betriebsarten giebt es allerdings, bei denen fortwährend organische Substanzen ausgeführt werden und dennoch das eben geschilderte Verhältnis nicht zutrifft. Es sind dies alle diejenigen, wo aus den Pflanzenerzeugnissen auf technischem Wege Produkte dargestellt werden, die wohl noch organische Substanzen sind, aber keine erhebliche Menge von Stickstoff und Aschenbestandteilen mehr in sich enthalten, wo dann diese Produkte nach außen verkauft werden, der Stickstoff aber und die Aschenbestandteile, welche mit zur Produktion jener gedient haben, auf dem Gute verbleiben und von neuem zu einer ähnlichen Produktion in Anspruch genommen werden können. Dahin gehört vor allem die Ausfuhr von Zucker, Stärke, Branntwein, wenn die Rückstände dieser Fabrikationen, ausgelaugte Rübenschnitzel, Scheideschlamm und Melasse, Kartoffelpülpe und Branntweinschlempe, in der Wirtschaft selber verwertet werden. Dies ist aber eine Ausnahme, welche die übrigens geltende Regel nur in ein desto helleres Licht stellt.

Würde man, um auf die wirtschaftliche Ursache des Defizits, herrührend aus der Tierproduktion, näher einzugehen, in irgend einer Wirtschaft die landwirtschaftlichen Nutztiere nur der Arbeit wegen halten, wie dies z. B. mit den Pferden thatsächlich der Fall ist, würde man — um das System mit penibler Sorgfalt durchzuführen — gleichzeitig die Tiere in demselben Mastungszustande kaufen, wie man sie, nachdem sie arbeitsunfähig geworden sind, verkauft, oder bei Nachzucht dafür Sorge tragen, daß die Leichen der ausrangierten Tiere als Dünger benutzt würden, wäre gleichzeitig die Produktion von Futter für diese Tiere, sowie von Nahrungsmitteln für die Bewohner des Landguts der einzige Zweck des Feldbaues, so wäre die Stall-

alleinige Verwendung der bis jetzt behandelten Düngerarten, die wir nun in ihrer Gesamtheit kurzweg als *Stallmist* bezeichnen können, nicht auf die Dauer im stande ist, die Fruchtbarkeit der Felder zu erhalten, daß die reine *Stallmistwirtschaft* unter jenen Umständen schließlich zu einem Punkte führen muß, wo es notwendig wird, andere Düngemittel neben jenen Stoffen zu verwenden.

Die Umstände zu ermitteln, für welche dies notwendig zutreffen muß, wird nun unsere Aufgabe sein. Im Grunde sind dieselben freilich schon durch frühere Betrachtungen angedeutet. Als wir von der Möglichkeit sprachen, die Zusammensetzung der Auswurfstoffe der landwirtschaftlichen Nutztiere und so mittelbar die des frischen Stallmistes aus der Fütterung zu berechnen, und die Bedingungen dieser Möglichkeit aufsuchten, da fanden wir, daß dazu notwendig sei, daß die betreffenden Tiere sich auf dem Erhaltungsfutter befänden, und daß keine anderen Stoffe außer den Exkrementen von diesen Tieren in erheblicher Menge produziert würden. Masttiere, tragende oder milchende Muttertiere, Jungvieh und endlich auch strenggenommen wollproduzierende Schafe mußten bei jener Düngerberechnung einem besonderen Kalkul unterworfen werden, d. h. bei denselben die Menge der im produzierten Fleisch, im Fett, den Knochen, der Milch, der Wolle u. s. w. vorhandenen Bestandteile von den Bestandteilen der verabreichten Fütterung in Abrechnung gebracht werden, um die Mengen des in den Auswurfstoffen enthaltenen Stickstoffs, des Kalis, der Phosphorsäure u. s. w. zu kennen.

Wir brauchen nun zu dem Resultate unserer damaligen Untersuchungen nur noch hinzuzusetzen, daß diejenigen Stoffe, welche dadurch, daß sie nicht dem tierischen Stoffwechsel anheimfallen, jenes Defizit in der Zusammensetzung des Stallmistes erzeugen, also Milch, der Körper des aufgezogenen Jungviehs und der zur Mast aufgestellten Tiere, nach dem natürlichen Lauf der Dinge großenteils nach außen verkauft werden und so auch zunächst nicht auf einem Umweg auf die Felder, aus deren Bestandteilen sie gebildet sind, zurückgelangen, während umgekehrt die Futterstoffe gerade in den Wirtschaftssystemen, für welche diese Betrachtungen Geltung haben, auf demselben Landgute gewachsen sind, auf dem sie den Tieren vorgelegt werden.

Aus diesem Sachverhalte sind nun offenbar wichtige Folgerungen für die dauernde Erhaltung der Fruchtbarkeit der Felder solcher Landgüter zu ziehen, wo tierische Produkte nach auswärts verkauft werden, natürlich immer vorausgesetzt, daß nicht von außen Düngestoffe oder Futterstoffe zugekauft oder auf eine andere Weise erworben werden. Der Stalldünger enthält in diesem Fall, ganz abgesehen von dem unter allen Umständen vorhandenen Defizit von organischer Substanz, ein Minus an Stickstoff und den einzelnen Aschenbestandteilen, das wenigstens genau so groß ist, wie der Gehalt der ausgeführten Produkte an diesen Stoffen; und wenn man nun diesen Stalldünger auf die Felder zurückbringt, auf welchen die Ernten gewachsen sind, so braucht auf denselben nun zwar nicht von Anfang an eine Minderproduktion stattzufinden, aber auf den ärmeren Bodenarten und nach einer gewissen Dauer eines solchen Betriebes wird dies immerhin der Fall sein, so daß von denjenigen Perioden an, wo der Dünger überhaupt einen wirtschaftlichen Wert erhält, der unter den bezeichneten Umständen produzierte Stallmist einen Minderwert besitzen wird, gegenüber einem anderen, dem die betreffenden Pflanzennährstoffe nicht entzogen sind.

Für die Stichhaltigkeit unserer Argumentation ist es ferner ganz gleichgültig, daß nicht alle Felder eines Landguts in gleicher Weise von jenem Verluste betroffen werden, daß z. B. nach den üblichen Bewirtschaftungsmethoden die Wiesen*) am meisten verlieren, das Weideland weit weniger, während vielleicht manche Felder so reich oder noch reicher gedüngt werden, als dies nach dem natürlichen Lauf der Dinge geschehen würde.

Die Dinge, die wir hier behandeln, sind auch dem Urteile der landwirtschaftlichen Praxis nicht fremd. Das bei Pachtverträgen übliche Verbot, Futter und Stroh zu verkaufen, zeigt aufs deutlichste, daß von jeher der Grundbesitzer von dem Nachteil eine Vorstellung hatte, den der freie Verkauf jener Stoffe, der namentlich bei kurzen Pachtterminen vom Pächter mit Vorteil vorgenommen werden würde, für die Ergiebigkeit seines Bodens haben mußte. Diese Erkenntnis hat sich dort aber freilich nicht in jener allgemeineren Form ergeben, sondern einfach aus dem Augenschein entwickelt, daß die Stoffe, deren Ausfuhr verboten war, auf die Vermehrung des Stalldüngers hinwirkten.

Es geht aus den angestellten Betrachtungen über die notwendige Zusammensetzung des Stallmistes, wie er unter den herrschenden wirtschaftlichen Zuständen gewonnen wird, unzweifelhaft hervor, daß dieser allein nicht im stande ist, die Fruchtbarkeit der Felder dauernd zu erhalten, daß bei der reinen Stallmistwirtschaft in den meisten Fällen ein Defizit entstehen muß zwischen Ersatz und Entnahme, welches nur durch Erwerbung von fremden Düngestoffen ausgeglichen werden kann.

Mit diesen Folgerungen haben wir aber, wie ich zu beachten bitte, einstweilen nichts über die allgemeine wirtschaftliche Unzulässigkeit jener Betriebsmethoden ausgesagt. Mit diesem Gegenstande werden wir uns aber erst in den letzten Vorlesungen dieses Abschnitts zu beschäftigen haben.

Es ist vielmehr zunächst unsere Aufgabe anzugeben, wo sich die Stoffe, die jenes Defizit ausmachen, befinden müssen. Wenn wir vorderhand gänzlich von dem weniger ins Gewicht fallenden Handelsgewächsbau absehen, so bleibt uns nur die Thatsache vor Augen, daß der Landwirt eben auf dem Wege des Tausches alle diejenigen Menschen mit tierischen und pflanzlichen Produkten versorgen muß, die in andern Produktionen thätig sind. Die landwirtschaftlichen Produkte wandern in die Städte, die Sammelplätze aller auf einem anderen Gebiete Thätigen, der Handwerker, der Kaufleute und Industriellen, der Beamten, Gelehrten und Künstler und z. T. selbst der landwirtschaftlichen Grundbesitzer und Kapitalisten.

Es würde hier zu weit führen, die Ursache des zentripetalen Zusammenlebens und Zusammenwirkens aller derjenigen Personen, die nicht als landwirtschaftliche Arbeiter im höheren und niederen Sinne des Wortes thätig sind, zu erläutern. Sie liegt, abgesehen von dem Schutz und den gesellschaftlichen Annehmlichkeiten, die das Zusammenwohnen gewährt, ganz vorzüglich in der Zweckmäßigkeit des Ineinandergreifens der verschiedenen Thätigkeiten. Der Landwirt dagegen, der in seiner produktiven Thätigkeit an eine unumgänglich notwendige Bedingung des Pflanzen-

---

*) Rieselwiesen pflegen freilich einigen Ersatz zu gewähren, aber in Bezug auf die Phosphorsäure, für welche wir das Defizit als am dringlichsten erkennen werden, doch nur sehr mangelhaft.

wachstums, an das Sonnenlicht gebunden ist, an eine Bedingung, deren man nicht in konzentriertem Zustand habhaft werden kann, sondern die sich gleichmäßig über das ganze Land ergießt, die unbegrenzt ist in der Ausdehnung und an jedem Fleck in der Ausnutzungsfähigkeit beschränkt — der Landwirt ist dieses kompakt-geselligen Zusammenlebens unfähig und kann es nur suchen, soweit es ihm notwendigen Schutz gewährt — im Hofe oder in der Dorfgemeinde.

So ist denn das Korn und das Fleisch gezwungen, in die Städte zu wandern, und diese Produkte enthalten die Bedingungen des erneuten Pflanzenwachstums — Düngebestandteile, wie wir uns ausdrücken — in sich, während die Güter, welche der Landwirt zunächst für jene eintauscht, Kleider, Schuhe und andere Produkte der Industrie und des Handwerks, Spezereien u. s. w., keine solchen Bestandteile oder dieselben nur in verschwindendem Maße in sich enthalten. In den Städten werden nun jene landwirtschaftlichen Produkte zum größten Teil verzehrt, zum kleineren Teil nur gelangen sie, wie die tierischen Häute, das Horn, die Knochen, z. T. das Stroh, ins Bereich der Technik.

Die ausgeführten landwirtschaftlichen Produkte fallen also großenteils dem menschlichen Stoffwechsel anheim und erfahren hierbei sehr ähnliche Veränderungen, wie wir sie für die Futterstoffe bei dem Durchgang durch den tierischen Organismus zu konstatieren hatten, und daß der Abtrittdünger schließlich in seiner Zusammensetzung und Wirkungsweise sich von dem Stalldünger unterscheidet, dies rührt mehr davon her, daß dieser außer den Exkrementen unserer Nutztiere noch das Material der Einstreu enthält, obwohl nicht geleugnet werden kann, daß auch an sich Unterschiede bestehen — Unterschiede, welche sich auf die Verschiedenheit der Ernährung, sowie der Verdauungsfähigkeit der verschiedenen Organismen zurückführen lassen.

Es tritt selbstverständlich beim Durchgang der Nahrungsmittel durch den menschlichen Organismus wieder eine Verminderung der Trockensubstanz ein, die eben auf die Veratmung eines Teils der organischen Substanz, auf den Austritt von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in Form von Kohlensäure und Wasser durch Lunge und Haut zurückgeführt werden muß. Der Stickstoff wird durch den menschlichen Organismus, wie die neueren Untersuchungen zeigen, auch bis auf einen verschwindenden Bruchteil durch den Darm und die Nieren abgeschieden, so daß die Trockensubstanz der Gesamtexkremente prozentisch reicher an Stickstoff sein muß, als es die verzehrten Nahrungsmittel gewesen sind, genau wie wir dies für den Stoffwechsel bei unsern Haustieren hervorzuheben hatten. Ebenso werden auch die unorganischen Bestandteile auf dem Wege durch den Organismus eine Konzentration erfahren müssen.

Auf etwaigen Ansatz von Stoffen haben wir in diesem Falle weniger zu achten. Wohl ist auch der menschliche Organismus, vorzugsweise in der Jugendperiode, einem Wachstum unterworfen; aber der Zeitraum, in welchem Ansatz stattfindet, und die Größe dieses Ansatzes sind im Verhältnis sehr viel kleiner als bei den landwirtschaftlichen Nutztieren, wo solche Perioden vorzugsweise benutzt werden, ein solcher Ansatz künstlich herbeigeführt wird. In der That stellen die menschlichen Leichen die einzige Substanz dar, wenn wir die kleine Menge von Stoffen, die außer den eigentlichen Exkrementen noch regelmäßig gebildet und entfernt werden, wie die Haare, Nägel, Hautschuppen u. s. w., wie billig vernachlässigen, die jenes dennoch

in geringem Maßstab bestehende Defizit zwischen Nahrungsmittel und Exkreten ausmachen. Diese Leichen repräsentieren indessen im Vergleich zu den sehr großen Mengen von Stoffen, welche den Organismus während des Lebens passiert haben, nur eine ziemlich verschwindende Menge von Pflanzenwachstumsbedingungen, einfach weil das menschliche Leben bei gleichzeitiger hoher Intensität des menschlichen Stoffwechsels, namentlich aber im Vergleich zu dem künstlich oft sehr abgekürzten Leben unserer Nutztiere, ungewöhnlich lange dauert.

So finden wir in den menschlichen Auswurfstoffen fast alle Bestandteile wieder, die dem Stalldünger fehlen, damit dieser im stande sei, in Bezug auf die Erhaltung der Fruchtbarkeit der Felder das zu leisten, was die ursprünglich geerntete Pflanzenmasse, wenn sie dem Feld erhalten worden wäre, geleistet haben würde. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, daß die Quellen jenes Defizits fast vollkommen verstopft werden könnten, wenn man die menschlichen Auswurfstoffe, wie sie sich in den Städten anhäufen, der Landwirtschaft wieder zuführen würde. Nur die Düngebestandteile einiger Handelsgewächse, wie z. B. unserer Gespinstpflanzen, des Tabaks u. s. w., einer Anzahl von tierischen Abfällen, sowie die in den menschlichen Leichen enthaltenen Stoffe würden einen bleibenden Ausfall bedingen, einen Ausfall, der jedoch teilweise scheinbar ist, da ja namentlich im Straßenkehricht, der mit den Kloakenstoffen benutzt werden kann, viel von jenen abgenutzten Stoffen enthalten sein muß.

Wir werden also nicht weit fehlen, wenn wir die menschlichen Auswurfstoffe als das natürliche Supplement zum Stallmist betrachten, mit dem zusammen verwendet Felder und Wiesen sehr lange Zeit hindurch in Bezug auf gewisse Pflanzennährstoffe (die mineralischen) konstant erhalten werden könnten, in Bezug auf andere (den Stickstoff) selbst eine stetige Bereicherung erfahren müßten. Dieser Satz ist von Bedeutung, weil auf denselben wichtige, wiewohl unzulässige Folgerungen in Hinsicht unserer wirtschaftlichen Düngegesetze aufgebaut worden sind, ein Gegenstand, der uns später beschäftigen soll.

Vorerst interessiert uns hier die Thatsache, die sich aus den vorstehenden Erwägungen ohne weiteres ergiebt, daß auch die Zusammensetzung der menschlichen Auswurfstoffe sich aus der Zusammensetzung der ausgeführten landwirtschaftlichen Produkte nahezu berechnen lassen muß, wenigstens soweit dies den Stickstoff und die mineralischen Bestandteile angeht. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Menschen nicht ausschließlich von den Produkten der Landwirtschaft oder gar der inländischen Landwirtschaft leben, und wenn wir auch selbstredend ein wichtiges Nahrungsmittel, das Wasser, ganz wie überall in diesen Betrachtungen vernachlässigen, so bleiben noch Stoffe übrig, wie das Kochsalz, das wohl im stande ist, die Zusammensetzung und die Eigenschaften des Abtrittdüngers einigermaßen zu alterieren.

Wir teilen zunächst die Zusammensetzung der vereinigten menschlichen Auswurfstoffe im Vergleich mit der einiger tierischen Exkremente mit.

	Gesamtausleerungen vom Menschen.		vom Rind.		vom Pferd.	
Wasser	92,9 %	a.100Asche	87 %	a.100Asche	77 %	a.100Asche
Org. u. flücht. Subst.	5,7	408	11	500	19	630
darin Stickstoff	1,06 %	76	0,41 %	18	0,6 %	19
Asche	1,37	100	2,2	100	3,15	100
darin Phosphorsäure	0,23	17	0,13	6	0,14	4
„ Kali	0,22	16	0,16	27	1	32

Obgleich die für die menschlichen Ausleerungen gemachten Angaben Durchschnittszahlen aus einer Reihe von Analysen sind und nur das Mittel repräsentieren von der je nach Ernährung der Individuen recht verschiedenen Zusammensetzung der Exkremente, so sind diese Abweichungen doch nicht groß genug, um nicht auf Grund jener Zahlen eine stichhaltige Vergleichung mit der Durchschnittszusammensetzung der Exkremente unserer Haustiere zu gestatten.

Um die Ursache der Unterschiede, welche sich bei dieser Vergleichung ergeben werden, sogleich einzusehen, führen wir daneben die Zusammensetzung der hauptsächlichen menschlichen Nahrungsmittel neben der des hervorragendsten Futterstoffs jener Haussäugetiere an.

	Weizen (Korn).		Fleisch (Ochs).		Heu.	
Wasser	14,3 %	a.100Asche	77 %	a.100Asche	14,4 %	a.100Asche
Org. Substanz	83,9	4740	21,7	1720	78,9	1180
darin Stickstoff	2,08 %	117	3,60 %	286	1,31 %	19
Asche	1,77	100	1,26	100	6,66	100
darin Phosphorsäure	0,82	46	0,43	34	0,41	6
„ Kali	0,55	21	0,52	43	1,71	26

Es wurden neben die prozentischen Zusammensetzungen der einzelnen Auswurfstoffe und Nahrungsmittel noch die auf 100 Aschenbestandteile bezogenen Zahlen gesetzt, weil auf diese Weise das, was hier gezeigt werden soll, klarer hervortritt. Bei der bloßen prozentischen Angabe des Gehalts an den einzelnen Stoffen stört der außerordentlich verschiedene, in gewisser Beziehung zufällige Wassergehalt der einzelnen Nahrungsmittel und Auswurfstoffe den Zweck unserer Betrachtung; nimmt man die Trockensubstanz als Grundlage, so ist ein ähnlicher Übelstand bemerkbar; denn dieselbe ist ebenso wie die wasserhaltige Substanz für unsere Betrachtungen eine variable Größe, da ein großer Bruchteil der organischen Substanz bei dem Durchgang durch den Organismus zerstört wird. Dagegen sind die Aschenbestandteile etwas völlig Konstantes; dieselben treten, soweit kein Ansatz erfolgt, in durchaus unveränderter Menge wieder aus dem Organismus aus, und durch Beziehung auf sie gewinnt man einen klaren Überblick über den relativen Gehalt der Nahrungsmittel und der Ausleerungen an den andern und den einzelnen mineralischen Bestandteilen. Beziehungen, die vorher bei der einfachen prozentischen Angabe ganz dunkel bleiben mußten, treten sofort ans Licht.

Aus den so gewonnenen Zahlen ist denn nun klar ersichtlich, daß die menschlichen Auswurfstoffe, bezogen auf gleiche Mengen von Aschenbestandteilen, weit

stickstoffreicher sind als die Auswurfstoffe unserer Haustiere*), und es ist leicht erkenntlich, daß der so auffällige Unterschied seine Ursache hat in dem gleichen Verhältnis zwischen den Nahrungsmitteln der betreffenden Organismenklassen. (Fleisch und Korn haben freilich noch ein weit günstigeres Stickstoffverhältnis, das eben durch gleichzeitiges Genießen von anderen aschenreicheren Nahrungsmitteln: Gemüse, Kartoffeln und namentlich Kochsalz herabgedrückt wird.) Auf genau dieselbe Weise erklärt sich der hohe Phosphorsäuregehalt der Asche der Menschenexkremente gegenüber dem der Asche der tierischen Exkremente**), während in Bezug auf Kali sich keine so handgreiflichen Unterschiede geltend machen, wiederum ganz entsprechend dem Kaligehalt der Aschen der respektiven Nahrungsmittel. Die Abhängigkeit der Zusammensetzung der Ausscheidungen von der Nahrung ist nach dieser Darstellungsweise unverkennbar.

Die so gewonnenen Beziehungen wären ohne die von uns gewählte Betrachtungsweise in keiner Hinsicht hervorgetreten, da der sehr große Wassergehalt der menschlichen Ausleerungen, der sich einfach erklärt aus dem besonders reichlichen Flüssigkeitsgenuß der Menschen, und andererseits der sehr ungleichmäßige Wassergehalt der betreffenden Nahrungsmittel die Vergleichung außerordentlich erschwert.

Aber nicht bloß über das relative Verhältnis in den menschlichen und tierischen Ausleerungen an einzelnen düngenden Bestandteilen und über die Ursache dieses Verhältnisses giebt uns eine derartige Betrachtung Aufschluß; sie lehrt uns gleichzeitig, welche Stoffe es vorzüglich sind, die jenes vielbesprochene Defizit im Stallmist ausmachen; sie lehrt uns, daß in Form von Korn und Fleisch vorzugsweise Stickstoff und Phosphorsäure in die Städte wandern und dort sich in den menschlichen Exkrementen anhäufen, während für Kali ein solches Verhalten nicht in den Vordergrund tritt. Wir haben so neben der Vorstellung von dem quantitativen Ausfall an düngenden Bestandteilen bei der reinen Stallmistwirtschaft uns auch einen Begriff gebildet von der qualitativen Zusammensetzung dieses Ausfalls, was natürlich für manche Betrachtungen von erheblicher Wichtigkeit ist.

---

*) Das hier Gesagte gilt auch selbst für das Schaf, dessen Ausleerungen in obiger Zusammenstellung nicht berücksichtigt wurden.

**) Auch hieraus ist wieder die unzertrennliche Vergesellschaftung von N u. P, auf die wir früher hingedeutet haben (vergl. I. Band, die 17. Vorlesung, p. 279), klar ersichtlich.

Sechste Vorlesung.

Die menschlichen Auswurfstoffe. — Deren Bedeutung als Düngemittel. — Städtereinigung und Poudrettefabrikation.

Ehe wir in der heutigen Vorlesung von der Bedeutung der menschlichen Ausleerungen als Düngestoffe in physischer und ökonomischer Hinsicht das Nötige sagen, müssen wir noch etwas näher auf die Menge und Zusammensetzung dieser Exkremente sowie auf die Verteilung der sie konstituierenden Stoffe in Harn und Kot eingehen. Zunächst sind wir im stande, Mitteilungen über die durchschnittliche Menge dieser Ausleerungen für das einzelne Individuum zu machen — Zahlen, welche für Berechnungen bezüglich der landwirtschaftlichen Verwendung der Kloakenstoffe nicht wohl entbehrt werden können. Man nimmt als Durchschnittsziffer für die täglichen Ausleerungen eines Individuums 1 1/3 Kilogramm an, das ist für die binnen eines Jahres abgeschiedene Menge etwa 486 Kilogramm als nahezu 1000 alte Pfunde oder eine halbe Tonne. Es bietet diese Zahl eine große Bequemlichkeit dar, weil so zugleich die oben gemachten prozentischen Gehaltsangaben an einzelnen Bestandteilen uns Auskunft geben über die jährliche absolute Ausscheidung an diesen Bestandteilen, indem man jene Prozente nur mit 10 zu multiplizieren braucht, um ungefähr in Pfunden die Größe der durchschnittlichen jährlichen Ausscheidungen zu kennen.

Wir wissen also zugleich, daß ein erwachsenes menschliches Individuum im Durchschnitt ungefähr 30 Kilogramm organische Stoffe, reichlich 5 Kilogramm Stickstoff, etwas über 1 Kilogramm Kali und noch etwas mehr Phosphorsäure jährlich durch Blase und Darm abscheidet, wodurch wir sehr handliche Anhaltspunkte für Berechnungen gewinnen.

Von ebenso großer Wichtigkeit ist die Verteilung dieser Bestandteile auf Harn und Kot, namentlich wegen der so allgemein üblichen Verschleuderung der flüssigen Ausleerungen. Die absolute Menge des entleerten Harns ist beim Menschen beinahe die zehnfache von der der frischen, festen Exkremente — sehr im Gegensatz zu den Pflanzenfressern, bei denen infolge des großen Ballastes, womit sie ihren Darm beschweren, eher ein umgekehrtes Verhältnis besteht. Allein natürlich repräsentiert der Harn wegen seines sehr viel größeren Wassergehalts nicht die zehnfache Menge an einzelnen für den Düngerwert in Betracht kommenden Substanzen. Derselbe enthält vielmehr, dieser größeren Verdünnung entsprechend, absolut nur etwa die doppelte Menge von organischen Substanzen, die anderthalbfache Menge Phosphorsäure (an diesen beiden Substanzen ist er relativ am ärmsten), nicht ganz die vierfache Menge Kali, aber doch beinahe die sechsfache Menge an Stickstoff, als die festen Exkremente.

Aus den gemachten Mitteilungen ist deutlich ersichtlich, daß bei weitem der größere Bruchteil von einzelnen düngenden Bestandteilen sich im Harn befindet. Dies erlaubt auch zugleich einen Schluß auf die Schnelligkeit der Verwertung dieser Bestandteile als Pflanzennahrung. Der Stickstoff, der sich seiner absoluten Menge nach fast ganz und gar im Harne befindet, ist daselbst als Endprodukt des Stoffwechsels, als Harnstoff, und in zurücktretenden Quantitäten als Harnsäure und andere stickstoffhaltige Substanzen vorhanden, also in einer Form, in welcher er wohl geradezu als ein direktes Pflanzennahrungsmittel dienen kann, wenn er auch in der Regel vorher noch Umwandlung in ammoniak- und dann in der Erde in salpetersaure Verbindungen erleiden wird.

Wenn wir nun von der Bedeutung der menschlichen Ausleerungen als Düngestoffe zu sprechen beginnen, so ist vor allem festzustellen, daß die Zusammensetzung der gemischten Ausleerungen durchaus nicht vollkommen identisch ist mit der des Abtrittdüngers, wie er nach unseren zur Zeit bestehenden Sitten nun einmal zur Verwendung kommen kann. Wir werden bei Zusammenstellung der betreffenden Zahlen erkennen, daß die Kloakenstoffe in ihrem durchschnittlichen Gehalt an wertvollen düngenden Bestandteilen häufig weit hinter dem frischen Gemisch der menschlichen Ausleerungen zurückstehen und die Ursache dafür in unseren Gewohnheiten erkennen. Man wird sich freilich die Frage stellen, warum auch an Orten, wo der Inhalt der Kloaken zur Düngung Verwendung findet, eine rationellere Behandlung des Abtrittdüngers, welche jene Verdünnung und damit seine Entwertung verhütet, nicht mehr und mehr jene Gewohnheiten verdrängt; man wird aber dann später einsehen, daß die Prämie, welche durch die Erhöhung des Düngerwerts auf Änderung unserer Bequemlichkeiten gesetzt ist, in den meisten Fällen doch nicht hoch genug ist, um uns zu dieser Änderung zu veranlassen.

Das Verhältnis der Zusammensetzung der frischen Ausleerungen den Stoffen gegenüber, wie sie sich durchschnittlich in unseren Abtrittgruben vorfinden, ist aus folgender Zusammensetzung deutlich ersichtlich.

Abtrittsinhalt.*)

	Exkremente	Amsterdamer Gruben.	Amsterdamer Tonnen.	Augsburger Tonnen.	Heidelberger Tonnen mit Wasserspülung.	Maastricher Abtritts-dünger.	System Lienur.
		1880		1896	1874	1899	1880
Wasser	92,9 %	81,5 %	85,0 %	93 %			97,7 %
Org. Subst.	5,7	9,3	12,7				1,6
darin Stickstoff	1,06 %	0,55 %	0,94 %	0,6 %	0,29 %	0,33 %	0,24 %
Asche	1,32	9,2	2,3				0,7
darin Phosphors.	0,24	0,69	0,54	0,2	0,07	0,06	0,04
„ Kali	0,22	0,13	0,37	0,2			0,12.

Die Richtung der erlittenen Veränderung ist, wie man sieht, in den verschiedenen Fällen der Ansammlung sehr verschieden. In Gruben und Tonnen ohne Spülung ist manchmal der Inhalt sehr konzentriert, zumal wenn wenig Urin hineingelangt. Stickstoff hat immer abgenommen, dagegen hat selbst, wenn Spülung stattfand, die Asche und speziell Kali häufig nicht abgenommen, weil Kehricht und

*) Meistens nach Analysen der Versuchsstation zu Wageningen.

namentlich die Asche unserer Brennmaterialien vielfach jenen Gruben einverleibt werden. Woher der Stickstoffverlust, brauchen wir nicht erst zu fragen. Abgesehen von der Beimengung von Wasser und anderen stickstofffreien Stoffen ist ja der stechende Ammoniakgeruch der meisten Aborte bekannt genug.

Daß eine Durchschnittszusammensetzung von Abtrittsinhalt nicht maßgebend sein kann für einzelne Fälle, geht aus der weit voneinander abweichenden Verschiedenheit der Aufsammlungsarten und unserer sonstigen Gewohnheiten hervor. Je nach der Stärke der Spülung, je nachdem die Stoffe durch das längere oder kürzere Verweilen in einer so oder so beschaffenen Grube Gelegenheit haben eine mehr oder weniger tief eingreifende Zersetzung durchzumachen, je nach der Beschaffenheit der Substanzen, die noch sonst jenen Gruben einverleibt werden, ist das Endresultat ein sehr verschiedenes. Aus der Kenntnis der übrigen Behandlungsarten und aus der Vergleichung der produzierenden Gesamtmengen mit der pro Kopf sich berechnenden Menge wird man sich indessen ein Urteil bilden können über den Gehalt der in den Gruben enthaltenen Massen.

Ganz abgesehen von der Art der Aufsammlung ist aber die Zusammensetzung und Düngebefähigung der menschlichen Auswurfstoffe abhängig von der besseren oder schlechteren Ernährung der Menschen, von welchen sie herrühren. Dies ist durchaus nicht lediglich eine theoretische Folgerung, sondern scheint eine in der Praxis anerkannte Thatsache. Es wird wenigstens erzählt, ein französischer Landwirt habe aus einer benachbarten größeren Stadt Latrinenstoffe für die Düngung seiner Felder erhalten und habe einmal mit diesen Stoffen, welche er aus den Gruben eines größeren Gasthofes bezogen, so glänzende Erfahrungen gemacht, daß er nun mit einer Reihe von öffentlichen Anstalten, Kasernen, Zuchthäusern und dergleichen Kontrakte über Lieferung der Latrinenstoffe abgeschlossen habe in der Hoffnung, dieselben günstigen Erfahrungen zu wiederholen. Allein er habe nun bei diesem Handel ziemlich schlechte Geschäfte gemacht und gesehen, daß er mit Unrecht die menschlichen Ausleerungen jeder Herkunft als einander gleichwertig angesehen habe. — Ja man geht in diesen Erzählungen noch weiter und behauptet, daß die ackerbautreibende Bevölkerung in der Umgegend einer oberitalienischen Stadt den Auswurfstoffen der protestantischen Stadtbewohner einen höheren Wert beilege als denen der katholischen, und will diese raffinierte Unterscheidung dadurch erklären, daß die protestantische Einwohnerschaft jener Stadt die arbeitsamere, intelligentere und darum wohlhabendere sei, die sich daher besser ernähre und darum auch wertvollere Ausleerungen erzeuge*).

Mögen diese Erzählungen nun richtig sein oder nicht, jedenfalls läßt sich behaupten, daß die Exkremente gut ernährter Menschen qualitativ reichhaltiger an den wertvollsten düngenden Bestandteilen sind und sein müssen als die schlecht ernährter, und zwar läßt sich die Behauptung vornehmlich auf zwei Gesichtspunkte zurückführen. Einmal sind die stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe die schmackhafteren und teueren, und arme Leute, welche an ihnen sparen möchten, überhaupt ihren Stoffumsatz auf ein Minimum herabzudrücken suchen werden, wählen ganz allgemein zu ihrer Kost ein Nährstoffverhältnis, in welchem die Proteïnstoffe verhältnismäßig zurücktreten, ein stickstoffarmes Nahrungsgemisch, dem nach den oben über das

*) Vergl. Schultz-Schultenstein: Über Pflanzenernährung, 1860, p. 69.

Verhältnis von Ernährung zur Ausscheidung gemachten Bemerkungen stickstoffarme Gesamtausleerungen entsprechen. Daß solche stickstoffarme Ausleerungen gleichzeitig phosphorsäurearme sein werden, versteht sich nach den früheren Ausführungen über die intime Kameradschaft der beiden Substanzen gleichfalls von selbst. — In zweiter Linie kann dann hervorgehoben werden, daß die leichter verdauliche Substanz gleichfalls kostspieliger ist und auf dem Küchenzettel des Begüterten eine hervorragende Rolle einnimmt, daß also bei ihm verhältnismäßig mehr, namentlich auch von dem genossenen Stickstoff, in den Stoffwechsel eingeht*) und im Harn ausgeschieden wird, also den Pflanzen zugänglicher wird als der Stickstoff, der in der Kost des Ärmeren vorhanden ist und welcher zu einem größeren Teil in noch unaufgeschlossener Form in die Darmausleerungen übergeht.

Daß die verschiedene Behandlungsweise der gesammelten Auswurfstoffe, deren größere oder geringere Verunreinigung mit anderen oft wertlosen Stoffen einen auch durch die praktische Erfahrung bestätigten Einfluß auf die Düngebefähigung dieser Substanzen hat, ist durch viele Beispiele bekannt genug und bedarf keiner besonderen Belege.

Was nun im folgenden über die Bedeutung der menschlichen Exkremente als Düngestoffe gesagt werden wird, gilt teilweise nur für die Voraussetzung der bei unsern Aufsammlungsmethoden gewöhnlichen Durchschnittszusammensetzung derselben. Führen wir uns vorerst noch einmal diese im Vergleich mit der einiger Stallmistsorten vor Augen.

		Frischer Mist.			
	Abtritt.	Pferd.	Rindvieh.	Durchschn. Stallmist.	Durchschn. Jauche.
Wasser	82—97 %	70,0 %	81—84 %	75 %	98,2 %
Org. Substanzen	1,6—12	26,3	13—16	18,1	0,7
darin Stickstoff	0,3—0,9 %	0,67 %	0,37—0,45 %	0,53 %	0,15 %
Asche	1—3	3,7	2,3—2,5	6,91	1,07
darin Phosphorsäure	0,2—0,7	0,25	0,2	0,32	0,01
„ Kali	0,2—0,3	0,94	0,5	0,68	0,49.

Der Vergleich zeigt uns deutlich, daß der Abtrittdünger seiner gewöhnlichen Beschaffenheit nach in der Regel wasserreicher ist als irgend eine Stallmistsorte und viel ärmer an organischen Substanzen. Das letztere wird namentlich erklärlich durch die Beimengung des organischen Streumaterials im letzteren Falle, sowie auch durch die voluminösen Darmausleerungen aller pflanzenfressenden Nutztiere. Hinsichtlich des Gehalts an Wasser und organischen Bestandteilen nähern sich namentlich die mit Wasser verdünnten Latrinenstoffe außerordentlich der Mistjauche.

Im Verhältnis zum Substanzgehalt der wäßrigen Latrinenstoffe überhaupt fällt dann den Stalldüngersorten gegenüber der hohe Stickstoffgehalt jener auf, da dieser beinahe immer die absolute Höhe des Stickstoffgehalts des Stalldüngers erreicht und zuweilen überschreitet. Für Phosphorsäure gilt dasselbe, während der Kaligehalt ver-

*) Es ist dabei im Auge zu behalten, daß ein größerer Reichtum an verdaulichen Proteïnstoffen eine bedeutende Vergrößerung des Gesamtstickstoffumsatzes zur Folge hat (Voit).

hältnismäßig gering ist. Auf diese letzteren Unterschiede kommt dann auch die Gehaltsdifferenz zwischen den Latrinenstoffen und der Mistjauche heraus; der Stickstoffgehalt. und noch mehr der Gehalt der Latrinenstoffe an Phosphorsäure ist sehr viel höher, der Kaligehalt beträchtlich geringer als der der Jauche.

Aus dem allen zusammen muß sich dann die Düngewirkung der Latrinenstoffe klar ergeben; dieselben werden einerseits der Jauche ähnlich sehr rasch zur Wirksamkeit gelangen, aber aller sogenannten physikalischen Wirkung auf Lockerung der Ackererde entbehren; dagegen sind sie natürlich mehr spezifische Stickstoff- und Phosphorsäuredünger als jene, wodurch ihre Wirksamkeit für Böden von gewissem Düngezustande und für manche Kulturen eine abweichende wird. Gleicht die Jauche mehr dem Salpeter unter den Handelsdüngern, so wären die Fäkalien eher dem Peruguano zu vergleichen*).

Weiter kommt dazu noch eine spezifische, nicht durch die aufgeführten Analysen verdeutlichte, aber schon erwähnte Eigenschaft des Abtrittdüngers, sein verhältnismäßig hoher Kochsalzgehalt, in Betracht. Wir werden zwar später**) einige nützliche Wirkungen zu beleuchten haben, welche Kochsalzdüngungen im Boden anzubahnen vermögen; aber wir erinnern uns zugleich an einige früher gemachte Bemerkungen über die Schädlichkeit eines chlorhaltigen Nährbodens für manche Kulturen, für Tabak, Kartoffeln und Zuckerrüben***). Für diese kann geradezu — und dies ist z. B. für den Tabak in der badischen Pfalz mit Sicherheit festgestellt worden†) — die oft wiederholte Düngung mit Latrinenstoffen qualitätsverschlechternd wirken und zwar bis zur wirtschaftlichen Unmöglichkeit der Kultur.

Abgesehen von den so sich ergebenden Unterschieden lauten die Angaben über praktische Verwendung des Abtrittdüngers ziemlich ähnlich wie die über die Jauche. Derselbe wird auch wie diese als Kopfdüngung angewendet, wobei jedoch regelmäßig eine Verdünnung mit Wasser vorgenommen werden muß, wie dies ja auch in den meisten Fällen mit der Jauche geschieht. Ganz besonders hervorragend ist die Anwendung des Abtrittdüngers in der Gemüsegärtnerei, da er gerade der Gartenkultur, welche sich naturgemäß um die größeren Städte herum konzentriert, außerordentlich zur Hand ist, und die Gartengewächse eines Düngers bedürfen, der ihnen sofort Nährstoffe in reichlichstem Maße und in zugänglichster Form zur Verfügung stellt. Auf dieselben Gesichtspunkte läßt sich die Verwendung des Abtrittdüngers zu andern intensiven Kulturen zurückführen.

Der Jauche gegenüber verdient nur noch hervorgehoben zu werden, daß der Abtrittdünger sowohl seiner Entstehungsweise nach als nach seiner Zusammensetzung ein vollständigeres Düngemittel ist als jene, und daß er die einzelnen düngenden Bestandteile mehr in dem Verhältnis enthält, wie sie in die Zusammensetzung der Pflanzen eingehen, und gerade die beiden Stoffe, an denen der Mangel im Boden durchschnittlich am größten ist, in reichlichem Maße enthält. Wir haben zwar in

*) Daher das bekannte Witzwort eines gekrönten Hauptes über die Guano-Produktion seiner Soldaten das Richtige getroffen hat.

**) Vergl. die 12. Vorlesung dieses Abschnittes.

***) Vergl. die 17. Vorlesung, p. 289, des I. Bandes.

†) Vergl. J. Neßler: Der Tabak u. s. w., 1867, p. 75.

der letzten Vorlesung auseinandergesetzt, daß durchaus nicht diejenigen Düngestoffe, welche schon in ihrem Gehalte die Zusammensetzung eines zu bauenden Gewächses möglichst genau darstellen, sich im einzelnen Falle notwendig als die richtigste Düngung erweisen müssen. Allein demgegenüber verdient jetzt hervorgehoben zu werden, daß eine andauernde Düngung durch längere Zeiträume hindurch nur durch Düngemittel wird gegeben werden können, welche in ihrer Zusammensetzung die der Pflanzen einigermaßen repräsentieren, wie denn überhaupt für längere Perioden das Kriterium des Ersatzes des Entnommenen ein immer wichtigeres und wichtigeres wird. Eine ausschließliche Düngung mit Jauche ist, des geringen Gehalts dieser Flüssigkeit an Phosphorsäure wegen und auch wegen deren unverhältnismäßigen Kalireichtums, längere Zeit hindurch nur für wenige Kulturen von sehr einseitigem Bedürfnis denkbar, während eine Bewirtschaftung mit dem Anbau aller möglichen Früchte und der ausschließlichen Verwendung von Latrinenstoffen in manchen Böden durch sehr viel längere Zeit hindurch thatsächlich geschehen kann.

Der Möglichkeit der ausgedehntesten Anwendung des Abtrittdüngers in der Landwirtschaft stehen überhaupt, wenn wir die wirtschaftlichen Gesichtspunkte noch einstweilen außer acht lassen wollen, nur zwei Bedenken entgegen, einmal der schon hervorgehobene Mangel an der sogenannten physikalischen Wirkungsfähigkeit, welcher seine alleinige Anwendung z. B. auf sehr schweren Böden verbietet, und dann die Qualitätsverschlechterungen, die bei seiner Verwendung an den angebauten Früchten beobachtet worden sind. Hierbin ist nicht bloß zu rechnen die vorhin hervorgehobene ungünstige Wirkung seines hohen Kochsalzgehaltes, welche drei Kulturgewächse betrifft, sondern es ist außerdem bekannt, daß man an den mit Abtrittdünger gedüngten Gewächsen zuweilen einen ekelhaften Geschmack bemerkt. Am Blumenkohl, mit Hülfe von Kloakendünger oder Fischabfall erzielt, ist der ekelhafte Beigeschmack oder Geruch beim Kochen*) sehr häufig wahrzunehmen und geradezu ein Umstand des Minderwertes desselben. Auch kann, abgesehen von dieser untrüglichen Erfahrung**), von seiten der Theorie nicht die Möglichkeit des Übergangs gewisser riechenden Prinzipien von nicht zu großem Molekül, wie z. B. Skatol, in die Pflanze abgeleugnet werden. Dieser Umstand steht jedoch einer ausgedehnteren Anwendung der Latrinenstoffe durchaus nicht im Wege, da man ja die empfindlicheren Pflanzen nicht nach einer frischen Düngung zu bringen braucht und durch Kompostierung und dergleichen jedenfalls einen Teil der riechenden Prinzipien zerstören kann, sondern verbietet nur eine unvorsichtige direkte Anwendung zu allen Kulturen und namentlich zur Zeit des Pflanzenwachstums.

Überhaupt ist Kompostierung für Abtrittdünger sehr häufig die angemessenste Verwendungsart, einmal weil diese Zubereitung es gestattet, viele anderen städtischen Abfallstoffe wie Stroh und Straßenkehricht dem Dünger einzuverleiben, und dann namentlich weil die Stoffe sich in dieser Form ohne erheblichen Verlust an Pflanzennährstoffen monatelang bewahren lassen und eine handliche Ware bilden. Die holländische Stadt Groningen, die berühmt geworden ist wegen ihres vorteilhaften

*) So bei der nordholländischen Blumenkohlkultur im großen.

**) Vergl. z. B. Sprengel: Lehre vom Dünger, 1839, p. 146. Ähnliches wird auch von den Exkrementen der Schweine behauptet; vergl. ebenda, p. 138 u. 230.

Handels mit den städtischen Abfallstoffen, wendet ausschließlich diese Methode an, wobei die Kompostbereitung auf undurchlässigen überdachten Düngestätten geschieht. Nur die nach dem regelmäßigen Überpumpen der Masse noch absickernde Flüssigkeit wird besonders an den Mann gebracht. Die Zusammensetzung dieses Kompostes ist:

Kompost aus Fäkalien.

Wasser	35—60%	nach Analysen der Versuchsstation zu Wageningen.
Org. Bestandteile	14—20	
darin Stickstoff	0,4—0,8%	
Aschenbestandteile	20—50	
darin Phosphorsäure	0,5—0,6	
„ Kali	0,3—0,5	
„ Kalk	2	

Über die Düngebefähigung eines solchen Produktes brauchen wir nichts hinzuzufügen; aber interessant ist der folgende Fall, da er geeignet erscheint, die Verschiedenheit der äußeren Umstände, unter welchen der städtische Dünger mit dem Stallmist siegreich konkurriert, ins rechte Licht zu setzten. Die eigentümliche physikalische Beschaffenheit des Kloakendüngers, welche seine Anwendung auf gewöhnlicher humusarmer Ackererde erschwert, kann natürlich unter ganz besonderen Verhältnissen als ein Vorteil erscheinen, da wo nämlich ein Boden von außerordentlich lockerer Beschaffenheit gleichsam zusammengekittet werden muß. So verhält es sich mit den merkwürdigen Kulturmethoden in den holländischen Moorkolonieen, von denen uns M. Märcker ein so interessantes und, wie ich mich später überzeugt habe, korrektes Bild entworfen hat*). Dort kann man wenigstens bei dem ersten Urbarmachen der abgegrabenen Hochmoore Stalldünger und dergl. auflockernde Düngemittel gar nicht gebrauchen, weil es sich darum handelt, aus äußerst lockeren Torfüberresten, sogenannten Moostorf (Bonkaarde holl.) und Sand zusammen eine einigermaßen gebundene Masse herzustellen. Dagegen thun große Massen von Stadtdünger eine überraschende Wirkung, so daß derselbe sogar über seinen Preis an wirklichen Nährstoffen bezahlt wird. Aus dem gleichen Grunde vermeidet man dort in den ersten Jahren der Kultur nach Möglichkeit alle auflockernde Bodenbearbeitung.

Trotz solcher besonderen Fälle erscheint die durchschnittliche Anwendung der menschlichen Auswurfstoffe und des aus ihnen hervorgehenden Abtrittdüngers und Kompostes in der Landwirtschaft keineswegs entsprechend der theoretischen Düngebefähigung dieser Stoffe. Wenn es auch nicht richtig ist, wie man früher aussprechen hörte, daß die Verwendung der menschlichen Exkremente wenigstens in Europa wesentlich die Errungenschaft einer ganz neuen Zeit, vielleicht gar die Folge der naturwissenschaftlichen Einsicht in die Pflanzenernährung sei, wenn auch sorgfältigere Nachforschungen über die Gebräuche älterer Kulturvölker es über allen Zweifel erhoben haben, daß die menschlichen Exkremente schon in sehr alter Zeit und in manchen Orten wohl auch einen großen Teil des Mittelalters hindurch in großem Maßstab Verwendung gefunden haben, so bleibt es doch auf den ersten Blick auffallend, daß diese Düngungsmethode fast überall mit Ausnahme von China

*) Landw. Jahrb., 1875, p. 931.

und Japan eine vorübergehende oder mehr lokale geblieben und nicht wie die Stallmistdüngung eine allgemeine Betriebsmethode geworden oder geblieben ist*).

Ein zweiter Blick freilich lehrt, daß die Ursache der geringen Verwendung hauptsächlich in den hohen Transportkosten der so verdünnten Düngestoffe von den Städten bis aufs Ackerland gelegen ist. Wir werden auf diesen Umstand in einer der letzten Vorlesungen zurückkommen, bemerken aber schon jetzt, daß sich bei dem Verhandeln der städtischen Abfälle an die Landwirtschaft auch noch der diesem Geschäfte nachteilige Umstand geltend macht, daß in den Zentren des menschlichen Zusammenwohnens, und je größer dieselben sind, um so mehr, beinahe immer eine Überproduktion von Düngestoffen im Verhältnisse zu dessen Bedarf in der nächsten Umgebung notgedrungen stattfinden muß. Es müssen also stets entfernter wohnende Landwirte zu deren Verwendung herangezogen werden, in welchen Fällen die enormen Transportkosten der in der Regel noch durch Wasserspülung stark verdünnten Exkremente deren Wert loco Produktionsstätte beinahe ganz illusorisch machen. Dieses Umstandes wegen werden auch durch Gartenbau und intensive Landwirtschaft, die sich direkt in der Umgebung der großen Städte anzusiedeln pflegen, dieselben niedrigen Preise bezahlt, welche für den weitest wohnenden Landwirt, der noch an der Abnahme teilnehmen muß, um die Stoffe ganz zu plazieren, noch eben lohnende sind, — dies alles dem ökonomischen Gesetze zufolge, daß die gleichen Stoffe auf dem gleichen Markte denselben Preis bedingen**).

Aus diesem Grunde hängt, ob die städtischen Auswurfstoffe mit Vorteil in der Landwirtschaft verwendet werden können, in so hohem Grade ab von billigen Transportmitteln (z. B. auf Kanälen oder durch gute Waggoneinrichtungen***) und billige Tarife seitens der Eisenbahndirektionen) und von dem Bedürfnis der Landwirtschaft in der nächsten Umgebung. Wo beide Umstände günstig sind, wie in Flandern

---

*) Ziemlich bekannt ist die Thatsache, daß schon der Kloakeninhalt des alten Roms zur Düngung der die Stadt umgebenden Gärten mit Sorgsamkeit Verwendung gefunden hat. Weniger bekannt dürfte sein, daß die Araber lange vor Christi Geburt eine Art von allerdings primitiver *Poudrette*-Fabrikation betrieben, d. h. also die menschlichen Exkremente in eine feste, transportable Form gebracht haben, und daß auch die alten Einwohner von Peru die menschlichen Auswurfstoffe zur Düngerfabrikation verwendeten. In Europa wurde der Latrineninhalt vor dessen Empfehlung durch die Naturwissenschaft, und abgesehen von dem ganz lokalen Gebrauch der auf den Landgütern selbst entstehenden menschlichen Auswurfstoffe, in der Lombardei, in Flandern (daher der Name „flandrischer Dünger" für die Latrinenstoffe) und einigen andern Ländern verwendet.

**) Man hat es in diesem Umstande mit einer Anwendung desselben volkswirtschaftlichen Gesetzes zu thun, welches von v. Thünen in seinem „isolierten Staat" zuerst in Bezug auf die Preise der landwirtschaftlichen Produkte dargelegt worden ist und wodurch die Unterschiede in den Bedingungen der intensiven und extensiven Landwirtschaft zuerst deutlich gemacht worden sind. Der Landwirt in der Nähe der Verkehrszentren profitiert also auch durch die Möglichkeit, die städtischen Abfallstoffe unter ihrem eigentlichen Nährwerte zu erwerben, erschwert aber dadurch zugleich den Städten die Erzielung eines annehmbaren Preises. Dieser Gesichtspunkt des weiteren entwickelt in Landbouw Courant. 1878, Nr. 79.

***) Vergl. Landb. kund. Tijdsch., 1897, p. 122, von Vogel: Arb. d. deutsch. landw. Gesellsch. 1896, II.

oder in der Umgebung der Stadt Groningen*), da wird der Verkauf der Exkremente oft eine erhebliche Einnahmequelle, die nicht bloß die Kosten der Stadtreinigung vergüten, sondern darüber hinaus noch ein ergiebiges Einkommen gewähren kann.

Im Falle die Auswurfstoffe für die Landwirtschaft Verwendung finden sollen, werden sie von seiten der Städter gesammelt entweder in Gruben, welche seit der Zeit, daß man Schädigungen für die Gesundheit von der Infiltration des städtischen Bodens befürchtet, mehr und mehr undurchlassend**) hergestellt werden, oder in Tonnen, in Bezug auf welche Einrichtung, beginnend mit dem Groninger System der „horribile dictu" offenen Kübel bis zum vollendeten Heidelberger System der geschlossenen eisernen Tonnen***) und mäßiger Wasserspülung, ebenso eine ganze Stufenleiter vom Primitiven bis zum Vollendeten besteht. Bei der letztgenannten Weise, die Auswurfstoffe zu sammeln, ist natürlich einer Infiltration des Bodens nächst und unter den Häusern nach Kräften vorgebeugt. — Für welches System man sich entscheiden will, dafür ist natürlich, abgesehen von der spezifischen Disposition eines Untergrunds zur Hegung dieser oder jener miasmatischen Krankheit†), der ästhetische Sinn der Einwohnerschaft und andererseits die Geldfrage maßgebend. Denn die ästhetisch besseren Systeme sind immer die kostspieligeren, und sie verschlingen im günstigsten Fall mindestens die Rente, die ein rohes System bei guter Verwaltung gewähren kann. Da der Wert der Fäkalien von ihrer Verdünnung abhängig ist, so wird an manchen Orten der Gehalt durch den Gebrauch des Aräometers auf einfache Weise kontrolliert.

Wo die Latrinenstoffe nicht für die Landwirtschaft Verwendung finden, da bestehen Methoden zu ihrer Beseitigung, welche sich im wesentlichen auf zwei Gesichtspunkte zurückführen lassen. Sie gelangen entweder in landwirtschaftlich unbenutzten Boden oder in die Flüsse und von da ins Meer. An sehr vielen Orten ist es üblich, wenn man auch vom sanitätspolizeilichen Standpunkte aus mit aller Macht und mit vollem Rechte dagegen kämpft††), die menschlichen Ausleerungen

*) In den günstigen Jahren bis 1879 war daselbst die Roheinnahme per Kopf Bevölkerung f. 2.50 (etwa 4 Mark), die Reineinnahme 40 % dieser Summe aus dem Reinigungsdienst.

**) Man vertraue nicht zu viel auf die Undurchlässigkeit auch selbst solcher Gruben, die in dieser Beziehung vor dem Ingebrauchnehmen durch die städtischen Autoritäten geprüft worden sind, da nachträglich Risse entstehen können, an deren Entstehen gewissenlose Hausbesitzer sogar ein Interesse zu haben meinen. In Berlin wurde in dieser Beziehung über eigentümliche Vorkommnisse berichtet.

***) Vergl. hierüber Mittermeyer: Das Heidelberger Tonnensystem, Heidelberg, 1876.

†) In immunen Städten, wie z. B. Lyon, Frankfurt a. M., wird man in dieser Beziehung weniger hohe Anforderungen an die Reinheit des Untergrundes zu stellen brauchen als in berüchtigten Cholera- oder Typhusstädten, und viel ist davon abhängig, ob gute Wasserleitungen vorhanden oder ob Trinkwasserbrunnen im fraglichen Boden befindlich sind.

††) Allerdings hat dieser Gesichtspunkt vor dem Erscheinen des schnell berühmt gewordenen und schnell vergessenen Nägelischen Buches einige Übertreibung erfahren, und der genannte Autor hat ohne Zweifel recht, wenn er darauf hinweist, daß ein mit Unrat aller Art infiltrierter Boden darum kein gesundheitsschädlicher zu sein braucht und vice versa. Aber bei allen den geistreichen Deduktionen des berühmten Physiologen scheint mir, daß er

geradezu in ungemauerte Senkgruben aufzusammeln, von wo aus dann eine ganz unberechenbare Menge der den Boden verunreinigenden Stoffe in diesen einsickert. Nur der nicht versinkende Rest wird gelegentlich abgeführt oder aber die Grube nach Füllung zugeworfen und eine neue gegraben und in Angriff genommen. Dieses System hat, abgesehen vom Geldpunkte, so ziemlich alle Schattenseiten, die sich nur bei der Entfernung der menschlichen Auswurfstoffe denken lassen, obschon ein Teil des Düngerwerts erhalten bleibt und beim Wiederaufgraben der Senklöcher unter Umständen gewonnen werden kann.

An andern Orten und namentlich wo bedeutendere Mittel seitens der städtischen Verwaltung für die Städtereinigung zur Verfügung gestellt werden, besteht sogenannte Kanalisation der Städte, wobei die Auswurfstoffe in unterirdische Kanäle gelangen und gewöhnlich durch fließendes Wasser weggespült werden. Dieses System, welches je nach der Dichte der Röhrenleitungen und dem Verhältnis der zur Verfügung stehenden Wassermenge in gesundheitlicher Beziehung ein ganz vortreffliches oder auch ein sehr gefährliches sein kann, findet sich in einigen nicht allzugroßen englischen Städten und neuerdings auch in einigen großen Städten des Kontinents (Paris, Berlin, Danzig) mit einer Ausnutzung der Düngestoffe für die Landwirtschaft in Verbindung gebracht, indem die mit den Auswurfstoffen beladenen Schmutzwässer zur Überrieselung von Wiesen und auch von Bauland (Gemüse- und Erdbeer- auch Hanfkultur) verwendet werden, wodurch rein technisch beurteilt oft sehr schöne Resultate und wenigstens dem Scheine nach eine Verwertung der gelösten und suspendierten Düngebestandteile für den Pflanzenbau gelingt. In der Regel aber und fast überall, wo in Deutschland dieses System in Anwendung ist, kann die Kanalisation als gleichbedeutend betrachtet werden mit einem völligen Verlust des ganzen Düngerwerts der weggeführten Stoffe für die Landwirtschaft, indem die Kanäle in die Flüsse münden und so die Auswurfstoffe ins Meer gespült werden, von wo aus eine direkte Wiedergewinnung ein Ding der Unmöglichkeit ist.

So ingeniös auch der Gedanke der Verwertung durch Überrieselung genannt werden muß, indem er die Massenaufsammlung der Exkremente, wodurch man der großen und ängstlichen Mühewaltung einer Abfuhr im einzelnen überhoben wird, mit deren landwirtschaftlichen Nutzung zu vereinigen sucht, so ist doch dessen Verwirklichung gegenwärtig im allgemeinen als sehr schwierig anerkannt. Ganz abgesehen von den großen Kosten der betreffenden Anlagen überall, wo nicht geeignete Terrains von der für eine Berieselung nötigen Neigung zur Verfügung stehen, und welche noch durch die Spekulation der umliegenden Grundbesitzer gesteigert zu werden pflegen, stößt man bei größeren Anlagen auf die Schwierigkeit, daß überhaupt alle benutzbaren Ländereien im Verhältnis zur Produktion des Schmutzwassers viel zu klein sind, um auch nur die mitgeführten Bestandteile festzuhalten, so daß

ein Ding übersieht, welches in vielen Fällen entscheidend ist. Die Infiltration des Bodens durch menschliche Auswurfstoffe ist nicht zu fürchten, weil der damit gesättigte Boden den Bakterien eine bessere Nahrung gewährt, sondern weil mit den Ausscheidungen kranker Menschen gefährliche Arten von Bakterien auf diese Weise in den Boden gelangen. Wie sehr Mangel an Reinlichkeit das Wüten der Seuchen unterstützt, das haben wir trotz Nägeli, der ja feuchten Schmutz gerade als ungefährlich rühmt, bei der Cholera-Epidemie 1884 zu Neapel gesehen.

selbst bei Preisgeben des finanziellen Resultats ungereinigte Wässer in die Flußläufe gelangen. In Gennevilliers bei Paris passieren durchschnittlich 40000 Kubikmeter die Hektare Rieselland, eine Düngung, welche einer Stallmistdüngung von 400000 kg verglichen werden kann*). Außerdem sind Fälle bekannt, wo durch Rieselgras Krankheiten unter dem Vieh und durch die Ausdünstungen selbst Epidemien in den angrenzenden Ortschaften**) aufgetreten sind, von dem schon früher berührten Geschmack so erzielter Gartenfrüchte nach Fäkaliendüngung zu geschweigen.

Endlich müssen wir hier eines anderen und technisch sehr vollkommenen Systems gedenken, welches in gewissem Sinne zwischen Abfuhr und Kanalisation zwischeninnesteht. Ich meine natürlich das Liernursche System, welches bisher im größten Maßstabe in Amsterdam durchgeführt worden ist. Dasselbe verbindet die Aborte eines ganzen Komplexes von Häusern mittelst eiserner Röhrenleitungen (die indessen mit den nötigen Ventilen versehen sind, um eine unwillkommene Kommunikation unmöglich zu machen), so daß die durch die mäßige Wasserspülung fortgeführten Auswurfstoffe in ein gemeinschaftliches eisernes Reservoir gelangen, welches letztere wieder, ehe noch eine weitere Entbindung der Massen eintreten kann, durch Dampfpumpen geleert wird. — So sehr die technische Vollkommenheit dieses Systems auch anzuerkennen ist und so befriedigend die Methode in Hinsicht auf die menschliche Gesundheit auch sein mag, so ist dieselbe bisher doch nicht über zwei Übelstände hinweggekommen. Der eine ist die sehr bedeutenden Kosten der Einrichtung, der andere die erhebliche Verdünnung der Fäkalien, welche aus einer vorhin mitgeteilten Analyse erhellt und sich aus der Zulassung einer Wasserspülung erklärt, wodurch eben die gesammelten Massen entwertet werden***). Der letztere Übelstand

---

*) Vergl. Duclaux: Traité de microbiol. I, p. 540. Man hat berechnet, daß, um bei üppigstem Pflanzenwuchs die Exkremente auszunutzen, für je 36 (nach anderer Berechnung sogar schon für 20) Menschen 1 Hektar Riesellandes nötig wäre, während man bei dergleichen Anlagen in großen Städten meistens nur ein Zehntel dieser Fläche zur Verfügung hat. Bei diesem Mißverhältnis zwischen Zufuhr von Fäkalstoffen und Verbrauch durch die Pflanzen versumpfen die Rieselfelder nach einigen Jahren, die Nitrifikation des zugeführten Stickstoffs steht still, und bald fließen unvollständig gereinigte Abwässer weg und verunreinigen Untergrund und Flußläufe. Sehr beachtenswert erscheint die Modifikation, durch den englischen Ingenieur Dibdin vertreten, die Rieselstoffe erst in geschlossenen Behältern eine Gärung durch anaërobe Bakterien durchmachen zu lassen, wonach sich die vollständige Verwesung in Berührung mit dem Boden, oder besser mit porösen Kies- und Koaksschichten, unter dem Einfluß der oxydierenden Organismen viel leichter macht. Es bleibt aber abzuwarten, ob die praktischen Schwierigkeiten nicht allzugroße sein werden. Auf der Pariser Ausstellung 1900 wurde dieses System demonstriert. Auf demselben Prinzip beruht das Schwedersche System. Vergl. v. d. Breggen: Hygien. bladen 1900, p. 61.

**) Vergl. in dieser Beziehung z. B. die Angaben des Betriebsdirektors der Frankfurter Kanalisation, Baist, angeführt in Thoms: Ein Beitrag zur Frage der zweckmäßigsten Reinigung der Städte, 1892, p. 28.

***) Aus Amsterdam ist mir die Thatsache bekannt, daß zu derselben Zeit, wo der Landwirt nicht ungeneigt war, für konzentrierten Abtrittdünger sehr anständige Preise anzulegen, man genötigt war, die mit rührender Sorgfalt gesammelten Liernurfäkalien ins Wasser zu werfen, wozu man NB. die städtischen Kanäle in Anspruch nahm.

ist erst später teilweise durch die Fabrikation von schwefelsaurem Ammoniak und Poudrettekuchen, wovon wir sogleich zu reden haben werden, beseitigt worden.

Weiter müssen hier noch die Desinfektionsmethoden, welche zugleich als Konservierungsmethoden der menschlichen Auswurfstoffe unsere Beachtung verdienen, erwähnt werden. Wie aus dieser Ausdrucksweise hervorgeht, haben diese Methoden gerade wie die Einstreu von Gips in die Stallungen einen doppelten Zweck, nur daß bei Behandlung der menschlichen Ausleerungen, entsprechend der weit kostbareren Gesundheit des Menschen und wegen seiner Lebensansprüche, die sanitärische sowie die ästhetische Seite der Frage mehr in den Vordergrund tritt. Es kann hier sogar kaum fraglich erscheinen, ob irgend dergleichen Mittel angewendet werden würden, wenn man es nicht der Entfernung des üblen Geruchs wegen thäte, sowie zur Beseitigung schädlicher Miasmen. Allein da dergleichen Mittel gleichzeitig wirklich konservierend auf einige düngende Bestandteile des Latrineninhalts wirken, so verdienen sie auch eine kurze Beachtung.

Von Zusätzen*), die zugleich den üblen Geruch der faulenden Exkremente mäßigen und konservierend wirken, eben weil die zurückgehaltenen riechenden Stoffe z. T. Pflanzennährstoffe sind, ist im wesentlichen des *Eisenvitriols* Erwähnung zu thun, welcher einmal ganz analog dem Gipse sich mit dem flüchtigen in faulenden Exkrementen vorhandenen kohlensauren Ammoniak zu nicht flüchtigem schwefelsaurem Ammoniak und kohlensaurem Eisenoxydul, das sich dann später zu Eisenoxyd oxydiert, umsetzt und so den stechenden Geruch des Latrineninhalts verhütet und eben hierdurch die Konservierung des Stickstoffgehalts veranlaßt, — welcher andererseits den aus den menschlichen Fäkalmassen (wie aus allen faulenden Proteïnstoffen) sich entwickelnden Schwefelwasserstoff, resp. das Schwefelammonium, unter Entstehung von Schwefeleisen bindet und so den Geruch nach diesen Substanzen, der besonders beim Entleeren der Düngergruben empfindlich wird, beseitigt.

Ein solcher Zusatz von Eisenvitriol wird an manchen Orten dem Landwirt, dem man die Grube zum Entleeren überläßt, kontraktlich zur Pflicht gemacht oder von der Polizei angeordnet, mehr weil man die Verminderung des üblen Geruchs auf diese Weise bewirkt, als weil man wirklich unzweifelhafte sanitärische Vorteile dadurch mit Bestimmtheit erreicht hätte. Man war aber, zumal vor der bakteriologischen Kenntnis der ansteckenden Keime sehr geneigt, das greifbare riechende Prinzip mit dem unbekannten miasmatischen Infektionsstoff gewisser ansteckenden Krankheiten zu identifizieren. Allein auch dieser Effekt wird durch das vorgeschriebene oder übliche Verfahren nicht vollständig erreicht, einmal weil die Mischung des gelösten Eisenvitriols mit dem Latrineninhalt nicht gleich vollständig geschieht, und dann, weil gewisse riechenden Prinzipien, Skatol**) und namentlich flüchtige organische (wohl der Fettsäurereihe angehörigen) Säuren, durch jenen Zusatz nicht unschädlich gemacht werden. Gerade diese letzteren Substanzen, deren Anwesenheit man deutlich erkennt, wenn man mit Schwefelsäure angesäuerte Fäkalmassen oder sonst

---

*) Sterilisierungsmittel beurteilt durch Petermann und Phosphorsäure empfohlen in Ann. d. l. science agronomique (?), III, 120.

**) Von der Formel $\begin{matrix} C_6H_4\text{—}C\text{—}CH_3 \\ | \quad\quad \| \\ NH\ \text{—}CH \end{matrix}$ Dies ist der eigentliche Träger des Fäkalgeruchs.

gefaulte Proteïnstoffe (wie z. B. die Brühe des gedämpften Knochenmehls) auf dem Wasserbade eindampft, entwickeln einen unbeschreiblich ekelhaften Geruch.

Über den Düngerwert der mit nicht zu großen Mengen von Eisenvitriol versetzten Latrinenstoffe ist zu sagen, daß der Stickstoffgehalt derselben ein etwas größerer ist, und daß man von der Beimischung des Eisenvitriols im allgemeinen keine schädlichen Wirkungen auf die mit solchem Dünger gedüngten Pflanzen beobachtet hat, so daß auch der Praktiker, der derartigen Zusätzen gewöhnlich ein gewisses Mißtrauen entgegenträgt, wenigstens nicht übel auf dasselbe zu sprechen ist. Der Eisenvitriol, soweit dieser unzersetzt in die Ackerkrume gelangt, und ebenso das bei dem Verfahren sich bildende Schwefeleisen, obgleich beide als für das Pflanzenwachstum schädliche Stoffe anzusehen sind, scheinen auf einem sonst gut bearbeiteten und der atmosphärischen Luft zugänglichen Boden sich rasch genug zu oxydieren, um keinen bemerklichen Schaden zu thun.

Übrigens lehren neuere Untersuchungen über die Heilung des chlorotischen Zustandes von Kulturgewächsen und besondere zu diesem Zwecke angestellten Düngungsversuche*), daß die Pflanzenwurzel lange nicht so empfindlich gegen Eisenoxydulsalze ist, als man früher aus Beobachtungen in versumpften eisenoxydulhaltigen Böden zu schließen sich berechtigt glaubte. Nicht ohne Grund wird ja auch gerade dem Eisen im Boden, abgesehen von seiner Wirksamkeit als Pflanzennährstoff, eine wichtige Rolle zugeschrieben, nämlich die Fähigkeit, als Oxydsalz die Oxydation der organischen Substanz außerordentlich zu beschleunigen, wobei das Eisen als eine Art von Sauerstoffüberträger gedacht wird. Daß diese Wirkung unter vielen Umständen eine nützliche sein kann, braucht nicht erst besonders hervorgehoben zu werden**).

Ob dagegen die Desinfektionsmethode mit Eisenvitriol (abgesehen von ihrem gesundheitlichen oder eigentlich ihrem ästhetischen Werte) als Konservierungsmethode eine wirtschaftlich rentable ist, ob die durchschnittliche Erhöhung des Düngerwerts, diese als endgültig festgestellt betrachtet, die Kosten für die Beschaffung des Eisenvitriols deckt, muß mehr als zweifelhaft bleiben. Wenigstens ist man an Orten, wo diese Desinfektionsmethode lange Jahre bestand, von dem Augenblicke an von derselben abgegangen***), als man durch ein neues Entleerungssystem eine leidlich geruchlose Ausräumung der Düngergruben bewerkstelligen konnte, — eine Thatsache, durch welche die aufgeworfene Frage, eine richtige Beurteilung des Erfolges von seiten der Unternehmer vorausgesetzt, eigentlich schon beantwortet ist.

Die übrigen vorgeschlagenen und angewendeten Desinfektionsmittel haben keine erhebliche landwirtschaftliche Bedeutung oder sind für den Düngerwert der Auswurf-

---

*) Solche sind auch seitens der Versuchsstation Wageningen angestellt worden und haben namentlich eine große Unempfindlichkeit des Hafers selbst gegen starke Eisenvitrioldüngung ergeben. Vergl. Journ. f. Landw., 40, p. 19.

**) Vergl. über diesen Gegenstand Wicke: Journ. f. Landw., 1864, p. 364. Für Obstbäume und einige andere Gewächse sind auf Grund von sehr günstigen Erfahrungen neuerdings Eisenvitrioldüngungen empfohlen worden. Siehe auch O. Löw: The physiol. rôle of mineral nutrients, 1899, p. 16.

***) Z. B. in Karlsruhe beim Übergang zur jetzt so allgemeinen Entleerung mittelst Saugpumpen und unter Verbrennung der Gase.

stoffe geradezu beeinträchtigend. Dieselben vom gesundheitlichen Gesichtspunkte aus zu beurteilen ist unsere Sache nicht*). Es ist nur zu konstatieren, daß dieser Gesichtspunkt manchmal mit dem landwirtschaftlichen Interesse in Widerstreit gerät**).

In ziemlich nahem Zusammenhang mit der Konservierung der menschlichen Auswurfstoffe steht die Überführung derselben in eine konzentrierte hantierbare Form, die sogen. *Poudrettefabrikation.* Der Zweck dieser Fabrikation liegt nach früher Gesagtem auf der Hand. Man will den Stoffen eine größere Transportfähigkeit geben, um so die Schwierigkeiten, welche der landwirtschaftlichen Verwertung annoch im Wege stehen, hinwegzuräumen. In Hauptsache beruht diese Fabrikation daher auf einer Entwässerung der Fäkalien, doch werden zugleich konservierende Zusätze, wie Schwefelsäure oder Torfklein, häufig nötig. In dem Gelingen derselben liegt die Lösung der großen Frage nach der zweckmäßigsten Weise der Städtereinigung.

Alle Poudrettefabrikation ist nun lange finanziell daran gescheitert, daß die Kosten, das Wasser zu verdampfen, noch größer gewesen sind, als dasselbe mit den nutzbaren Stoffen auf das nächstgelegene Ackerland zu bringen.

Gerade dieses Umstandes wegen ist indessen diejenige Neuerung in der Poudrettefabrikation der Aufmerksamkeit wert, welche auf eine Verdampfung des ganzen Wasserüberschusses verzichtet, sondern nur unter Kalkzusatz das Ammoniak abdestilliert, die löslichen Bestandteile des gekochten Rückstandes aber laufen läßt, während der Rückstand selber, der viel Kalk und etwas Phosphorsäure enthält, als Preßkuchen gewonnen werden kann und ebenso wie der Scheideschlamm der Zucker-

*) Als solches verdient wohl das sogen. Sanatol, ein Gemisch von freier Schwefelsäure mit Kresolsulfosäure Aufmerksamkeit. Vergl. Biederm. Centralbl., 1900, p. 634. Für Stallmist ist es aber zu teuer.

**) Der *Ätzkalk,* der wohl den menschlichen Auswurfstoffen den widerlichsten Geruch nimmt und ihnen eine leicht zu verarbeitende Form erteilt (Mosselmannsche Methode), erscheint vom Gesichtspunkt der Verwertung als Dünger als ein höchst unzweckmäßiger Zusatz, da eine gewisse Menge des Ammoniaks auf diese Weise in Freiheit gesetzt wird, und hierin liegt auch zum großen Teil die Ursache der durchgehenden Unbrauchbarkeit der früher auf dieses Verfahren gegründeten Düngerabfuhrsysteme. Der Zusatz von *Karbolsäure,* der vom gesundheitlichen Standpunkt vielleicht am ehesten begründet erscheint, trägt wenigstens nicht das Geringste zu einer Erhöhung der düngenden Wirkung bei — in größeren Mengen ist er schädlich —, obgleich er natürlich die Latrinenstoffe unmäßig verteuert. Der Zusatz von Torfmull zu den Fäkalien ist der Verwendung von Streu bei Ansammlung der tierischen Auswurfstoffe nachgebildet und erzeugt wie bei dieser eine handliche Düngermasse. Die Methode ist jedoch mit großen Fuhrkosten verbunden und liefert, wegen der Zumischung, keineswegs einen konzentrierten Handelsdünger, sie ist daher nur für kleinere Städte geeignet. Auch ist die Entfernung des üblen Geruchs keineswegs ganz vollkommen. — Dann muß hier kurz derjenigen Methoden gedacht werden, mittelst welcher abfließende Kanalwässer durch Zusätze von Chemikalien von düngenden Bestandteilen befreit werden sollen, so daß auf der einen Seite feste Düngestoffe in konzentrierter und praktikabler Form, auf der andern Seite in sanitärer Beziehung genügsam gereinigte Abflußwässer resultieren. Hierhin gehören freilich nur Methoden, die notorisch in beiderlei Beziehung sehr Ungenügendes leisten, wie die von Süvern (Zusatz von $MgCl_2 + Ca(HO)_2 +$ Karbolsäure) oder der in England geübte A-B-C-Prozeß (Zusatz von Alaun, Blut und Kohle [Coal]). Wir sind daher einer ausführlichen Beschreibung dieser Verfahrungsarten überhoben.

fabrikation zu Düngungszwecken geeignet ist. Aus dem Ammoniak aber wird wertvolles Sulfat bereitet, ebenso wie aus dem Gaswasser. Derartigen Fabrikationen ist der beste Fortgang zu wünschen, wenn auch vorerst noch einiger Zweifel an der Rentabilität erlaubt sein mag*).

Eine noch direktere und darum finanziell aussichtsvollere Lösung hat die Frage der Poudrettebereitung neuerdings durch das System Podewils, welches seit 1882 in Augsburg durchgeführt ist, erfahren. Die große Schwierigkeit des Eintrocknens der Fäkalien beruht nicht allein auf der großen Menge mittelst Verdampfung zu beseitigenden Wassers, sondern ebenso auf der Zähigkeit, womit das Wasser durch die halbeingedickte breiige Masse, die an den Kesselwänden Krusten bildet und so die Wärmeleitung außerordentlich erschwert, festgehalten wird, so daß selbst die Eindickung derselben in Vakuumapparaten nicht zum Ziele führt. Diese Schwierigkeiten wurden bei dem Systeme Podewils zuerst dadurch umgangen, daß man die eingedickte Masse auf heiße halbringförmige Platten träufeln läßt, über welche kurz nach dem Aufträufeln eine Art von Messer streicht, welches die eben getrocknete Kruste entfernt. Auf diese Weise konnte mit Hülfe eines nochmaligen Erhitzens leicht ein vollkommen lufttrockener Zustand erreicht werden**). Später wurde diese Methode, welche viel Arbeit und Reparatur nötig machte, ersetzt durch drehende Kessel, in welchen die Fäkalmasse unter Zusatz von 1 Prozent englischer Schwefelsäure destruiert und eingedickt wird, und in welchen freiliegende Eisenstäbe die Krustenbildung verhindern, mit gutem Erfolge ersetzt, und dergleichen Apparate sind gegenwärtig auch zur Verarbeitung von Kadavern auf Dünger an vielen Orten, z. B. in Bremen und Kopenhagen, in Gebrauch***).

Das längere Zeit bestehende Podewilssche Etablissement in Augsburg und an anderen Orten schien sogar zu verbürgen, daß die Frage der Poudrettefabrikation wenigstens unter bestimmten Verhältnissen nunmehr sogar definitiv gelöst sei. Der dort erzielte Fäkalextrakt hat eine Zusammensetzung von

Stickstoff	± 7 1/2 %
Phosphorsäure	3 „
Kali	3 „
Organische Stoffe	65 „ ,

welche ihn zu der mannigfaltigsten landwirtschaftlichen Verwendung und weitem Transport geeignet macht. Dennoch war der Preissturz von 1896 genügend, die Rentabilität des gesamten Unternehmens wieder in Frage zu stellen. Doch ist mir kein Unternehmen bekannt, bei welchem die Aussichten auf eine definitive Lösung der Poudrettefrage so günstig stehen. Die in Augsburg verarbeiteten Fäkalien sind mit Hülfe des vorhin erwähnten Heidelberger Tonnensystems, aber, wie die eingangs der Vorlesung mitgeteilte Analyse lehrt, ohne Wasserspülung gesammelt. Für die

*) In Amsterdam besteht eine derartige Einrichtung für die Verarbeitung von Liernurfäkalien, und giebt gute Rente, wobei nur nicht deutlich ist, ob die letztere allein durch die Erneuerung der Fabrikapparate auf Stadtkosten ermöglicht wird. Die Preßkuchen finden, soweit bekannt, keinen genügenden Absatz.

**) Vergl. Bochmann u. Agthe: Beschreibung der gegenwärtig zur Reinigung angewendeten Systeme, Riga 1886.

***) Vergl. Landb. kund. Tijdschr., 1897, p. 113.

großen Mengen Wasser, womit die Auswurfstoffe bei dem Liernurschen Systeme vermischt werden, würde von einer Rentabilität nicht mehr die Rede sein können. Für diesen Fall ist das Auskochen des Ammoniaks mit Kalk, wie sie in Amsterdam geschieht, vorteilhafter.

Ist einmal die Frage der Erzeugung eines Handelsdüngers aus menschlichen Fäkalien wenn auch nur lokal gelöst, so ist damit für den betreffenden Ort der Sieg des langen Streites zwischen Abfuhr und Kanalisation zu Gunsten der ersteren entschieden. Bevor dies aber geschehen, wird es in vielen Fällen selbst dem Vertreter landwirtschaftlicher Interessen erlaubt sein, in dem Wegschwemmen von Stoffen, die zur Zeit eben *noch keinen* Wert besitzen, die einfachere Lösung zu finden und auf eine anderweitige Beseitigung des Defizits an Pflanzennährstoffen, das unter diesen Umständen nicht zu leugnen ist, zu denken, zumal durch neuere und namentlich auch bakteriologische Untersuchungen eine große selbstreinigende Kraft des bewegten Wassers der Flüsse nachgewiesen ist, also daß häufig einige Kilometer unterhalb einer Verunreinigung die schädlichen Beimengungen schon nicht mehr nachzuweisen sind*).

*) So hat z. B. die Seine schon bei Mantes wieder die Reinheit erlangt, sowohl chemisch als nahezu auch bakteriologisch, die sie vor ihrem Eintritt in Paris besaß, und nur die bleibende Verdoppelung des ursprünglichen Chlorgehalts erinnert an die Verunreinigung. Vergl. Duclaux: Traité de microbiol. I, p. 525. Dies Resultat ist um so auffallender, als nur ein Bruchteil des städtischen Abwassers zur Berieselung dient.

Siebente Vorlesung.

Weitere der Landwirtschaft entstammenden Düngemittel. — Die Knochen als Düngemittel. — Andere Abfallstoffe. — Die Gründüngung. — Das Moorbrennen.

Wir haben in der vorigen Vorlesung gesehen, daß die menschlichen Exkremente in einem gewissen Sinne ein Supplement bilden zum Stalldünger*).

Die Einsicht in die Unvollständigkeit des Ersatzes durch die reine Stallmistdüngung hat uns zur Erkenntnis der Bedeutung der menschlichen Auswurfstoffe als Düngemittel geführt. Ebenso können wir nun, wenn wir dem früher verfolgten Gedankengang noch einmal mit größerer Strenge nachgehen, auf eben dieselbe Weise zu der Erkenntnis der Düngebefähigung anderer Substanzen kommen.

Wir haben offenbar, um dieses zu erreichen, nichts zu thun, als uns die Frage vorzulegen: Inwieweit gelangen die Reste der ausgeführten landwirtschaftlichen Stoffe in die Abtrittsgruben oder die stellvertretenden Behälter? — Die Antwort hierauf ist so einfach wie die Frage selbst. Im allgemeinen und mit einer gewissen Regelmäßigkeit gelangen nur die menschlichen Auswurfstoffe in die Latrinen. Diese Auswurfstoffe können nur die Reste der wirklich zur Ernährung dienenden ausgeführten landwirtschaftlichen Produkte enthalten. Da aber nicht alle ausgeführten landwirtschaftlichen Produkte verzehrt werden, so kann auch der Abtrittdünger kein volles Supplement sein zum Stalldünger, obwohl derselbe ja andererseits wieder durch die Ernährung der Menschen mit Fischen und anderen Stoffen, die nicht der Landwirtschaft entstammen, einen Zuschuß erhält. Auch beide zusammen können nicht, wenn alle übrigen Quellen der Zufuhr für ein Landgut als versiegt angenommen werden, hinsichtlich der *dauernden Erhaltung* der Fruchtbarkeit der Felder vollkommen das leisten, was die untergepflügte Ernte zu leisten im stande ist oder was auf dem von Menschenhand unberührten Boden stattfinden würde.

Es sind auch mit Leichtigkeit diejenigen Stoffe zu verzeichnen, durch welche jenes noch übrigbleibende Defizit bewirkt wird. Es sind dies die der Technik anheimfallenden landwirtschaftlichen Produkte, der größte Teil der sogenannten Handelsgewächse, auch ein Teil des Strohs, ferner die Abfälle der als menschliche Nahrungsmittel ausgeführten landwirtschaftlichen Produkte, Haut und Knochen des Schlachtviehs u. s. f. Wir werden nun also die natürliche Laufbahn dieser anderen Produkte zu verfolgen haben.

*) Die statische Seite des ganzen Gegenstandes und insbesondere die Frage nach der wirtschaftlichen Rentabilität des zeitlichen Ersatzes wird später von ganz anderen Gesichtspunkten aus eine zusammenhängende Behandlung finden (vergl. die 15. u. 16. Vorlesung).

Betrachten wir einmal das Schicksal der sogenannten Handelsgewächse, z. B. der Gespinstpflanzen oder der Tabaksprodukte, die selbstredend Düngebestandteile in sich enthalten. Das Ende der Laufbahn dieser Düngebestandteile ist zwar in den meisten Fällen nicht genau zu verfolgen; denn häufig geraten sie, vermischt mit einer Unmasse anderer Stoffe, in den Straßenkehricht, der unter Umständen selbst mit dem Kloakendünger vereinigt auf das Feld zurückkehrt, oder sie werden in irgend einer anderen Weise verzettelt.

Eine Ausnahme hiervon machen jedoch gewisse Abfälle wie Knochen, Horn, Haare, Haut, Wolle etc. Diese Stoffe, obwohl sie auch vielfach anderer Verwendung unterliegen, werden zu einem großen Teil in richtiger Erkennung ihres Wertes ein wichtiger Ausgangspunkt für die moderne Düngerfabrikation.

In erster Linie gilt dies für die Knochen; aber auch andere Stoffe, die ihrer Entstehungsweise nach ebenso wie die Knochen mit dem Namen „natürliche Dünger" belegt zu werden verdienen, wie Hornspäne, altes Leder, Abfälle bei der Leimfabrikation, Wollstaub u. s. w., gehen häufig denselben Weg. Ähnliches gilt auch für manche Abfälle, welche entstehen bei der Verarbeitung einiger pflanzlichen Produkte, wie z. B. Malzkeime, Ölkuchen, die man jedoch in der Regel und namentlich wenn sie vorsichtig (unter Abscheidung grober, unverdaulicher Bestandteile) bereitet sind, mit größerem Erfolg durch den tierischen Organismus passieren läßt, bei welcher Verwendungsart sie ja doch indirekt als Düngestoffe Verwendung finden.

Wenn wir zunächst die Knochen als Material für die Düngerfabrikation und somit die Zusammensetzung der gereinigten Knochen ins Auge fassen, so ergiebt sich sofort, daß nicht alle Pflanzennährstoffe gleichmäßig in denselben enthalten sind, daß hauptsächlich von solchen nur Phosphorsäure, Kalk und Stickstoff, letzterer in Form einer den Proteïnstoffen nahestehenden Substanz (leimgebendes Gewebe), dieselben zusammensetzen. In der That ist es lediglich der Phosphor- und Stickstoffgehalt, der den Knochenpräparaten einen so hohen Düngerwert verleiht.

Folgendes ist die Zusammensetzung der Knochen in reinem Zustande:

Wasserfreie Knochen von verschiedenen Säugetieren (nach Heintz)*).

Organische Substanz	26,5—30,6 %
Knochenasche	69,4—73,5 „

und die Zusammensetzung der Knochenasche ist nach Gabriel**):

Kalk	±51 %
Magnesia	± 1
Natron	± 1
Phosphorsäure	±38
Kohlensäure	± 4,5.

Der Rest besteht aus Konstitutions- und Krystallwasser und sehr kleinen Mengen von Kali, Fluor und Chlor. Die organische Substanz der Knochen besteht, wie gesagt, wesentlich aus einer stickstoffhaltigen Verbindung, dem sogenannten leimgebenden Gewebe, das beim Kochen in Wasser in Leim übergeht. Dementsprechend enthalten die trockenen gereinigten Knochen 4—5 % Stickstoff. — Verschiedene Teile der-

*) Journ. f. p. Chemie, 1849, p. 24.

**) Zeitschr. f. physiol. Chemie, 18, p. 297.

selben Knochen sind ungleich reich an stickstoffhaltigen organischen Geweben und die schwammigen Teile, sogen. Knochenmark, sind reicher an diesem, daher diese für die Düngerfabrikation besonders geeignet sind, während die festeren Teile mehr zur Fabrikation von Knochenkohle sich eignen.

Die Zusammensetzung der Knochen, wie sie in den Handel kommen, ist jedoch häufig abweichend von der eben angegebenen. Dieselben sind meistens verunreinigt durch Sand, Blut, Sehnen, und selbst Fleischteile, die Hornsubstanz der Klauen und der Hörner sind aus denselben nicht völlig entfernt; sie sind außerdem wasserhaltig. Diejenigen Knochen, die vorher gekocht worden sind, haben einen Teil ihres Leims und somit ihres Stickstoffs verloren, häufig ist auch diese Substanz durch Fäulnis, teilweise unter Austritt von Stickstoff, zerstört.

So wurden von Völcker mehrere Knochensorten des Handels, die vorher gekocht waren, untersucht und in denselben gefunden, obschon glücklicherweise auch viel reichere Knochen im Handel sind:

Wasser	7,7— 8,1 %
Organische Substanz	25,3—25,4
Phosphorsaure alkal. Erden	43,7—60,5
Kohlensaurer Kalk	3,2 und mehr
Alkalisalze	0,4 und mehr
Sand	2,3—13,5
Stickstoff	1,8— 2,8.

Die deutlich ersichtliche Verminderung des Stickstoffs ist sehr erklärlich.

Die Knochen werden zum Düngen einmal geradezu als solche verwendet und nur mechanisch zerkleinert, *gestampft* und *gemahlen*. Man überläßt es in diesem Falle den Einflüssen, denen die Knochensplitter im Boden unterworfen sind, Stickstoff und Phosphorsäure in eine verfügbare Form überzuführen. Die faulende stickstoffhaltige Materie der Knochen selbst trägt unter diesen Umständen augenscheinlich dazu bei, die Phosphorsäure wenigstens vorübergehend löslich zu machen und für deren Verbreitung im Boden zu sorgen, daher halbentleimte Knochen, wie sie aus den Leimfabriken in den Handel kommen, weniger geeignet sind als Düngemittel und besser dienen zu der sogleich zu besprechenden Behandlung mit Schwefelsäure. Übrigens ist dieser Gesichtspunkt, wie aus den modernen günstigen Düngungsresultaten mit mehr oder weniger entleimten Knochen*) hervorgeht, früher zu stark betont worden und ist die Knochenmehlphosphorsäure auch an sich, vielleicht infolge des schwach basischen Charakters der Phosphate, löslicher als gewöhnliches Tricalciumphosphat**). Die gepulverten und ohne weiteres als Düngemittel verwendeten Knochen, welche unter dem Namen „rohes Knochenmehl" in den Handel gelangen, enthalten nach den Erfahrungen bei den Düngerkontrollen etwa 21—24 % Phosphorsäure und 3—4 % Stickstoff.

---

*) Z. B. Biederm. Centralbl., 1898, p. 528.

**) Siehe hierüber Gabriel a. a. O., p. 288. Obschon die von diesem zum Ausziehen der org. Substanz verwendete Glycerinkalilauge auch die Konstitution der Knochenasche alteriert haben kann.

Trotzdem, daß also dieses Knochenmehl als ein seinem Ursprung nach durchaus natürliches Düngemittel erscheint, so ist doch dessen Zusammensetzung und seine Düngebefähigung eine einseitige, da wir es in ihm mit einem Bestandteil des tierischen Körpers zu thun haben, in welchem sich nur einige wenige Stoffgruppen zusammen gefunden haben, während andere ganz ausgeschlossen geblieben sind. Die Wirksamkeit muß dementsprechend keine ganz allgemeine, sondern eine sich mehr in gewissen Fällen geltendmachende sein, nämlich da, wo es im Boden zu einer gewissen Kultur an Stickstoff und Phosphorsäure fehlt. Allein, da gerade diese beiden Bestandteile diejenigen sind, an denen gemeiniglich am ersten im Boden Mangel entsteht, so ist doch die Wirksamkeit eine regelmäßigere und allgemeinere, als man auf den ersten Blick glauben sollte. Am vorteilhaftesten ist die Verwendung wohl zu Wintergetreide, aber auch auf Wiesen und zu vielen anderen nicht allzurasch sich entwickelnden Gewächsen ist das Knochenmehl mit Vorteil zu verwerten.

Der günstigen Zusammensetzung wegen ist man auch schon frühzeitig auf dem Wege der Erfahrung zur Verwendung der zerkleinerten Knochen in der Landwirtschaft gekommen; so wenigstens in England, während in Deutschland hierin von seiten der Theorie ein Anstoß gegeben worden ist. — Die raschere oder langsamere Wirksamkeit des rohen Knochenmehls hängt dann wesentlich von seiner größeren oder geringeren Feinheit ab*), sodaß auf gehörige Feinheit besonders zu achten ist.

Eine weit höhere Bedeutung für die praktische Landwirtschaft als das rohe, chemisch noch unveränderte Knochenmehl haben einige Produkte, welche aus den Knochen dargestellt werden. Eines dieser Produkte ist, abgesehen von seiner weitgehenden praktischen Bedeutung, schon deshalb von Interesse, weil seine Darstellung ein Beispiel eines großen praktischen Erfolgs der wissenschaftlichen Erkenntnis vom Wesen der Pflanzenernährung ist.

Die hervorragendsten dieser Fabrikate sind: *das gedämpfte Knochenmehl* und *das Knochenmehlsuperphosphat*. Ersteres wird dargestellt, indem man die Knochen in verschlossenen eisernen Behältern unter erheblichem Druck mit Wasserdampf (4 Atm.) mehrere Stunden in Berührung läßt. Die Knochen werden durch diese Behandlung so mürbe — jedenfalls infolge der unter diesen Umständen eintretenden Veränderung des leimgebenden Gewebes —, daß ihre Zerkleinerung alsdann viel leichter von statten geht als die der unveränderten Knochensubstanz, die ihrer Zähigkeit wegen außerordentlich schwierig zu zermalmen ist. In der That ist das Knochenmehl, das nun durch mechanische Zertrümmerung der so behandelten Knochen entsteht, feiner als das „rohe Knochenmehl". Insoweit das gedämpfte Knochenmehl

*) Merkwürdigerweise sind nach Mitteilungen von Düngerfabrikanten in einigen Gegenden von England die gröberen Knochenmehle beliebter, vielleicht aber nur, weil sich in ihnen Ursprung und Qualität des Rohmaterials durch das Ansehen konstatieren lassen und im andern Falle die Beimischung von Phosphoritpulver befürchtet wird. Eine solide Düngerkontrolle dürfte hierfür ein besseres Mittel sein. Vergl. übrigens über ähnliche praktische Urteile P. Wagner: Einige praktisch wichtige Düngungsfragen, p. 62. Daselbst finden sich theoretische Betrachtungen über die Richtigkeit dieses Urteils in betreff der Verteilung der Superphosphate. Daß feines Knochenmehl in der That besser wirkt, bewiesen in 18. Ann. Report from the Connecticut Agric. Exp. Station.

eine bessere Wirkung zeigt, läßt sich dieselbe auf diese feinere Verteilung zurückführen. Eine weitere vorteilhafte Veränderung des gedämpften Knochenmehls, welche sich indessen auch für das rohe erreichen läßt, ist die Entfernung des Fetts, das durch seine Anwesenheit in den Knochen deren Zersetzung außerordentlich verlangsamt, wahrscheinlich weil so die Gelegenheit gegeben ist zur Bildung von Kalkseifen, welche die übrigen Teile einhüllen. Aus den gröblich zerstampften Knochen läßt sich das Fett durch Kochen mit angesäuertem Wasser, besser noch im geschlossenen Extraktionsapparate mittelst Benzin bei gesteigertem Drucke entfernen und geht dann diese Manipulation dem eigentlichen Dämpfen natürlich voraus und wird dann an dem noch nicht zerkleinerten Materiale vorgenommen. Die gesammelte Fettmasse dient für technische Zwecke, z. B. für die Seifenfabrikation.

Im Gegensatze zu der besseren Feinheit und Verfügbarkeit seiner Pflanzennährstoffe ist aber der absolute Stickstoffgehalt des gedämpften Knochenmehls durchweg ein geringerer (2 1/2—3 1/2 %) als der des rohen, während der Phosphorsäuregehalt beider annähernd derselbe ist.

Auch halb extrahierte Knochenmehle, aus welchen schon mehr oder weniger Leim gewonnen wurde und dementsprechend nur 1—2 % Stickstoff, aber etwas mehr Phosphorsäure enthalten, kommen unter dem Namen von teilweise entleimtem Knochenmehl in den Handel.

Das gedämpfte Knochenmehl hat sich in der Praxis als ein brauchbares Düngemittel sehr bewährt und fast an allen Orten das rohe Knochenmehl in den Hintergrund gedrängt. Dasselbe wird zu allen möglichen Kulturen, vorzüglich aber auf leichten kalkarmen Böden zu Getreide verwendet, welches nach einer Knochenmehldüngung in einem etwas ausgebauten Boden eine reichlichere Körnerernte zu geben pflegt, wie dies ja aus früher besprochenen Gesichtspunkten leicht begreiflich erscheint. Gerühmt muß dabei namentlich werden die lange Nachwirkung der in dieser Form gegebenen Phosphorsäure, so daß, wenn auch die ersterlangten Resultate nicht immer glänzend sind, bei fortgesetzter Düngung mit demselben Düngemittel die Sicherheit der Erträge sehr zu steigen pflegt. Man bekommt m. a. W. auf diese Weise sogenannte Böden von alter Kraft.

Was die Verfügbarkeit des Knochenmehlstickstoffs angeht, so steht dieselbe nach vergleichenden Versuchen in der Mitte zwischen Blutmehl, dessen Eiweißstoffe leichter zersetzbar erscheinen, und den Hornstoff enthaltenden Abfällen, wie Haare, Wolle, Federn, selbst wenn diese durch vorausgehendes Erhitzen leichter zersetzlich gemacht sind. Am schwersten zersetzbar von allen stickstoffhaltigen Stoffen ist das Leder, welches ja künstlich durch den Prozeß des Gerbens widerstandsfähig gemacht ist, so daß, wenn man die hauptsächlichen stickstoffhaltigen Düngestoffe in eine Reihe nach ihrer Zugänglichkeit für die Pflanze ordnet, dieselbe sich ungefähr wie folgt gestaltet*):

Salpeter,
Ammoniak,
Amidostoffe,
Blut,

*) Vergl. Petermann: Bull. d. l. station agron. de Gembloux, Nr. 36.

gedämpftes Knochenmehl,
Wolle und Haare, durch Erhitzen vorbereitet,
do. roh,
Leder*).

Das *Knochenmehlsuperphosphat* andererseits wird dargestellt durch Einwirkung von Schwefelsäure**) auf Knochenmehl in den Verhältnissen, daß der in den Knochen vorhandene dreibasische phosphorsaure Kalk möglichst vollständig in den leichtlöslichen einbasischen phosphorsauren Kalk übergeführt wird***), während andererseits Gips entsteht; nach der Gleichung:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 2H_2SO_4 = CaH_4(PO_4)_2 + 2CaSO_4.$$

Da außer dreibasisch phosphorsaurem Kalke auch ein wenig kohlensaurer und nach der Hypothese eines neuen Untersuchers etwas ungesättigter Kalk in den Knochen anwesend ist, muß im Verhältnis etwas mehr (nach dem Äquivalentverhältnis zu berechnen) Schwefelsäure genommen werden. Wo sich Schwefelsäurefabriken in der Nähe befinden, wird vielfach die sogenannte *Kammersäure*, die nur etwas verdünnter ist wie die sogenannte englische Schwefelsäure, aber (wegen der ersparten Kondensationskosten) sehr viel wohlfeiler, benutzt; denn die letztere müßte doch erst vor dem Vermischen durch Wasserzusatz auf einen Gehalt von ungefähr 67 % gebracht werden.

Das Aufschließen des Knochenmehls mit Säure bezweckt, die Phosphorsäure der Pflanzenwurzel leichter zugänglich zu machen, und diese Absicht wird, wie die praktischen Düngungsresultate mit dem Superphosphat lehren, auch völlig erreicht. Es muß freilich hinzugesetzt werden, daß man zu jener Zeit†), wo der Vorschlag zu dieser Behandlung des Knochenmehls zuerst gemacht wurde, noch eine sehr unvollständige Vorstellung von dem Verhalten der Düngestoffe im Boden hatte, daß man

*) Über zweckmäßige Vorbereitung des Leders siehe 18. Ann. Rep. from the Connecticut Agrik. Exper. Station, p. 101. Behandlung mit Schwefelsäure und darnach Dämpfen hat sich am besten bewährt.

**) Die Verwendung der Salzsäure zu diesem Zwecke ist seit lange aufgegeben, trotz der größeren Wohlfeilheit dieses chemischen Produktes — wegen der Nachteile, welche die Anwesenheit von Chlorcalcium im Boden zur Folge hat. Vergl. B. I, p. 89. So ist z. B. in den Eichhornschen Versuchen auch die nachteilige Wirkung von mit Salzsäure aufgeschlossenen Knochenmehlen auf Zucker- und Stärkegehalt von Rüben und Kartoffeln deutlich hervorgetreten. Vergl. Jahresber. f. Agrik.-Chemie, 1866, p. 276.

***) Vergl. über die Verbindungen, welche bei Aufschließung des dreibasisch phosphorsauren Kalks durch Mineralsäuren entstehen, und über die Wirkung der resultierenden Verbindungen aufeinander die ältere Arbeit von Jones: Annal. d. Landw., Monatsbl. 1870, XII, p. 305 und die neueren Untersuchungen von Stoklasa: Die wasserlöslichen Verbindungen der Phosphorsäure in den Superphosphaten, Prag 1894.

†) Der Vorschlag der Verwendung gelöster phosphorsaurer Salze (Abfallprodukte der Knochenleimfabriken) zur Düngung ist zuerst von Liebig in den ersten Auflagen seiner „Organischen Chemie u. s. w." (p. 243) gemacht worden. — Die älteste Angabe zur Darstellung eigentlicher Superphosphate scheint die von Gill (Polytechn. Journal, B. 111, p. 309) im Jahre 1848 zu sein; doch rührt das Patent von Lawes zur Darstellung von Superphosphaten aus dem Jahre 1842 her, und wurde von demselben seit 1843 mit der Produktion im großen begonnen.

damals vielmehr von dem Grundsatze ausging, alles für die Pflanzen Verfügbare müsse in fertigen Bodenlösungen vorhanden sein, mit anderen Worten keine Ahnung von den Absorptionsvorgängen besaß. — Heute wissen wir, daß fast die ganze durch das Aufschließen in Lösung übergeführte Phosphorsäure, mit einer Ackererde von normaler Zusammensetzung in Berührung gebracht, infolge der Einwirkung von kohlensaurem Kalke und, ist dieser nicht vorhanden, von basischen Eisenoxydsalzen wieder nach kurzer Zeit in den unlöslichen (wenn auch zunächst in einen von größerer Löslichkeit) Zustand zurückgeführt wird, und es könnte auf den ersten Blick erscheinen, als ob die ganze Operation der Löslichmachung nutzlos gewesen sei. Allein schon der Hinblick auf die praktischen Erfolge dieser Methode, die durch zahllose Düngungsversuche außer allen Zweifel gestellt sind und ebenso durch die hervorragende Rolle der Superphosphate auf dem Düngermarkt belegt werden, lehrt uns, daß dies unmöglich richtig sein kann. Eine etwas aufmerksamere Überlegung zeigt sodann, daß die ungelöste Phosphorsäure im Boden sich allen lösenden Agentien und so auch den Wurzeln gegenüber sehr verschieden verhalten muß, je nach ihrer Verteilung daselbst, ganz abgesehen von der näheren chemischen Form, auf welche wir später noch zu sprechen kommen werden. Eine andere Verteilung findet augenscheinlich statt, wenn die ungelöste Phosphorsäure in verhältnismäßig doch immer groben Knochenstückchen — eine andere, wenn sie aus einer Lösung niedergeschlagen, äußerst gleichmäßig, wie es eben nur auf chemischem Wege zu erreichen ist, in allen den Substanzen vorhanden ist, welche bei ihrer Fällung mitgewirkt haben. Dieselbe Vorstellung kann auch für das analoge Verhalten bei anderen Pflanzennahrungsstoffen dienen.

Das *Knochenmehlsuperphosphat,* dessen Phosphorsäure in einem für das Pflanzenwachstum weit zugänglicheren Zustande vorhanden ist als die des rohen, und sogar als die des gedämpften Knochenmehls, hat dagegen natürlich eine geringere absolute Menge an diesem düngenden Bestandteile und dabei seine Bedeutung als Stickstoffdünger fast ganz und gar eingebüßt. Die große Stickstoffarmut aller seiner Zeit in den Handel gelangenden sogenannten Knochenmehlsuperphosphate, welche häufig weit größer war, als der Verdünnung durch den Säurezusatz entsprechen würde, läßt sich nur so erklären, daß auch zu den unter diesem Namen passierenden Produkten in der Fabrikation viele andere phosphorsäurereichen und stickstoffarmen Materialien, welche wir bald kennen lernen werden, mitbenutzt wurden, wie denn namentlich seit der Zeit, wo solche Materialien in großen Mengen und zu billigen Preisen zur Verfügung stehen, die Verarbeitung des eigentlichen Knochenmehls zu Superphosphaten als für die Düngerfabrikanten unrentabel in den Hintergrund getreten ist, um so mehr als die Wertbestimmung der Superphosphate allein nach der (leichtlöslichen) Phosphorsäure geschieht.

Diese Verhältnisse und die günstigen Resultate, welche man bei vergleichungsweisen Düngungsversuchen mit gedämpftem Knochenmehl und Superphosphat manchmal zu Gunsten des erstern erhalten hat, lassen die Verarbeitung der Knochen zu gedämpftem Knochenmehl am rationellsten erscheinen*), da auch alle übrigen Ver-

*) Die Reaktion gegen den Gebrauch von Knochenmehl rührt hauptsächlich her von vergleichungsweise ungünstigem Verhalten der darin enthaltenen Phosphorsäure bei Düngungs-

arbeitungsmethoden dieses Düngermaterials aus einem oder dem andern Grunde sich keinen Eingang zu schaffen vermocht haben. Als solche sind hier nur zu erwähnen das *Fermentieren der Knochen mit Jauche*; bei diesem Verfahren treten jedoch, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln (Bedeckung mit Erde*) angewendet werden, erhebliche Verluste an Stickstoff ein; weiter das hiermit verwandte *Kompostieren des Knochenmehls***), welche Methoden sehr empfohlen werden und der Verwendung des rohen Knochenmehls auch jedenfalls vorzuziehen sind, ferner das *Aufschließen der Knochen durch Alkalilauge.* Das letztere hat höchstens eine ganz lokale Bedeutung für Gegenden, wo Holzasche zu billigen Preisen zu haben ist, da ein erhebliches Aufschließen der Knochenerde im chemischen Sinne dabei gar nicht stattfindet.

Doch kann es heute, nachdem durch vergleichende Versuche die Nützlichkeit des Aufschließens mit Schwefelsäure außer Zweifel gestellt ist, keinem Zweifel mehr

---

versuchen von Wagner und Märcker in Töpfen, während die praktische Erfahrung ausgedehnter Landstriche, besonders Westfalens, Ostpreußens und der Ostseeprovinzen, namentlich auf nicht allzu phosphorsäurearmen Böden der Verwendung desselben recht günstig ist. Worauf dieser Widerspruch beruht, ist seitdem mehr und mehr aufgeklärt. Wir werden später (in der 14. Vorl.) sehen, daß den Topfversuchen à la Wagner nur eine beschränkte Brauchbarkeit zukommt, weil in denselben manche Vegetationsbedingungen andere sind als im freien Land und insbesondere die Resultate überhastet zu werden pflegen. In Bezug auf die Knochenmehlfrage, über welche so plötzlich seitens der genannten Forscher abgeurteilt wurde, habe ich in diesem Sinne schon im Jahre 1897 diese Dinge kritisch besprochen (vergl. Landbouwk. Tijdschr., V, p. 146) und namentlich auch hervorgehoben, daß in den Topfversuchen von Märcker das Knochenmehl nur unter außergewöhnlichen Umständen und zu kurze Zeit den natürlichen Verwesungsbedingungen im Boden ausgesetzt war und daß außerdem der von M. gebrauchte Maßstab: Übergang der Phosphorsäure in die Ernte anstatt Erntevermehrung ein unrichtiger ist. In Übereinstimmung mit dieser Auffassung sind denn auch bald andere Publikationen zur Ehrenrettung des Knochenmehls geschehen, so in Österreich von Dafert u. Reitmair (Zeitschr. f. landw. Versuchsw. in Österr. 1900), und auch der Nestor auf dem Gebiete der Landwirtschaftswissenschaft J. Kühn hat Versuche veröffentlicht, welche zeigen, daß man mit der nötigen Umsicht auch in Töpfen Resultate erzielen kann, welche eine ganz befriedigende Wirkung der Knochenmehlphosphorsäure zeigen. Man muß nur mit Pflanzen arbeiten mit nicht zu kurzer Vegetationsperiode (Berichte a. d. physiol. Laboratorium der Universität Halle 1898), das Knochenmehl nicht zu tief unterbringen und für gute Lüftung der Töpfe sorgen. Endlich haben Kellner u. Böttcher (Deutsch. landw. Presse 1900, 27) gezeigt, daß in kalkhaltigen Böden die Knochenmehlwirkung unbefriedigend ist, welcher besonderer Umstand auch bei den Wagner- und Märckerschen Versuchen mitgewirkt haben soll. Dem zwar ist von Dafert widersprochen (Zeitschr. f. landw. Versuchswesen in Österr. 1901), aber es scheint doch, als ob nur in etwas sauer reagierenden Bodenarten das Knochenmehl zur guten Wirkung komme. Vergl. auch die ältere Monographie von Holdefleiß: Das Knochenmehl 1890, u. Stoklasas Untersuchung über die Fäulnis der Knochen bei Anwesenheit bestimmter Bakterien in einer der folgenden Anmerkungen. Auch hierdurch können die Resultate Wagners u. Märckers wohl z. T. erklärt werden.

*) Vergl. Ulbricht: Jahresber. f. Agrik.-Chemie, 1864, p. 224.

**) Vergl. Pr. Ann. d. Landw., 1870, Nr. 33; Landw. Centralbl., 1872, I, p. 215. — Diese Behandlungsweise hat neuerdings durch die Studien von Stoklasa (Zentralbl. f. Bakteriologie etc., VI, 1900) über die Fäulnis von Knochen unter dem Einfluß bestimmter Bakterien eine sehr gesteigerte Bedeutung gewonnen.

unterliegen, daß das weniger günstige Urteil über gelöste Knochenmehle (Knochenmehlsuperphosphate) mehr auf die vielfältige Verfälschung derselben durch Mineralsuperphosphate als darauf zu setzen ist, daß die Behandlung mit Schwefelsäure ganz unnötig wäre. In neuer Zeit wurde seitens der Versuchsstation zu Halle sogar wieder, freilich unter dem Eindrucke einer ungerechten, gegen das unaufgeschlossene Knochenmehl gerichteten Kritik, ein unvollständiges Aufschließen des Knochenmehls mittelst Schwefelsäure empfohlen. Dabei wird nur so viel Säure zugefügt, daß nicht Monocalcium- sondern Bicalciumphosphat erhalten wird, welches jedoch, wie wir später sehen werden, für die Pflanzenwurzeln durchaus zugänglich ist und bei genügender Verteilung häufig dieselbe Düngewirkung zeigt wie jenes.

Knochenasche, welche wohl von Südamerika aus, wo in den technischen Etablissements der Fleischextraktfabrikation beim Fehlen an anderen Brennmaterialien häufig mit Knochen geheizt wird, in den Düngerhandel gelangt, besitzt von kostbareren Pflanzennahrungsmitteln natürlich nur Phosphorsäure, da der Stickstoff, welcher in der organischen Substanz vorhanden war, mit dieser beim Einäscherungsprozesse verloren gegangen ist. Ganz dasselbe läßt sich auch von der *Knochenkohle* sagen, welche als Abfall der Zuckerfabriken (namentlich auch der Raffinerieen) und zwar in sehr viel erheblicherem Maßstabe als die Knochenasche in den Düngerhandel gelangt. Für diese Stoffe, welche keinen Stickstoff mehr enthalten, ist nun, wie für die große Reihe ähnlich zusammengesetzter Düngermaterialien, das Aufschließen durch Schwefelsäure einzig am Platze, und diese Operation geschieht auch allgemein. Die Superphosphate aus Knochenkohle bilden oder bildeten wenigstens sogar einen erheblichen Bruchteil der Superphosphate überhaupt.

Die Knochenpräparate haben also eine sehr ausgedehnte Anwendung als Düngemittel; allein da ihnen einerseits die Befähigung zur physikalischen Verbesserung des Bodens abgeht, da sie andererseits eine sehr einseitige Zusammensetzung besitzen und nicht einmal als intensive Stickstoffdünger zu betrachten sind, so spielen sie doch eben nur die Rolle von Hilfsdüngemitteln. Die Superphosphate werden vom Praktiker hauptsächlich für Klee*), Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln, Raps, Stoppelrüben, aber auch für sehr viele andere Pflanzen empfohlen, natürlich vorzüglich für solche, die einen größeren Phosphorsäurereichtum im Boden voraussetzen.

Die Superphosphate vertreten, wie schon aus früher Gesagtem sich ergiebt, ferner die leichter verfügbare, aber auch leichter erschöpfbare Form einer Phosphorsäuredüngung, während das gedämpfte Knochenmehl an diesem selben Nährstoff kleinere, aber jahrelang andauernde Quellen zur Verfügung stellt**). Daher auch die Regel: die Superphosphate zur Frühjahrsdüngung, die Knochenmehle zur Herbstdüngung und für Pflanzen von längerer Vegetationsdauer zu verwenden***). Aus

*) In den holländischen Provinzen Noordbrabant und Zeeland wird das Superphosphat geradezu Kleeguano genannt. Guano hat hierin natürlich die Bedeutung von Kunstdünger.

**) Übrigens ist auch die Phosphorsäure des Superphosphats nicht so rasch verbraucht, daß nicht auch von dieser eine Nachwirkung in vielen Fällen auf die zweite und dritte Frucht zu erwarten wäre. Vergl. hierüber P. Wagner: Einige praktisch wichtige Düngungsfragen, 1884, S. 44.

***) Auch andere Abfälle von Knochen bei der Leimfabrikation, z. B. das durch Kalk [illegible]elte Präzipitat aus der Lösung der Knochenerde in Salzsäure, dienen vielfach der Dünger-

demselben Grunde werden die Superphosphate — welche Kategorie von Düngemitteln übrigens noch in der zweitfolgenden Vorlesung eine besondere Behandlung erfahren wird — auch auf den schweren Bodenarten von großem Absorptionsvermögen und ebenso auf den kalkreichen Böden vorgezogen, während die Knochenmehle, wie schon gesagt, Spezifika für den leichten kalkarmen Boden sind. Superphosphate und Knochenmehle sind beide durch Untereggen oder besser Pflügen*), am besten 14 Tage vor der Aussaat**), dem Boden einzuverleiben und auch die ersteren lieber nicht als Kopfdüngung zu gebrauchen.

Die verschiedenen Knochenpräparate sind jedenfalls das wichtigste Glied derjenigen Düngestoffe, welche ihrem Ursprung nach zu den natürlichen Düngern gerechnet werden müssen und doch dem Stallmist und den menschlichen Auswurfstoffen entgangen sind. Alle übrigen tierischen und pflanzlichen Abfälle, die wie Tabaksrippen***), Leder-, Haar-†) und Wollabfälle††), getrocknetes Blut†††) u. s. w. gelegentlich eine ähnliche Rolle als Düngemittel spielen, übergehen wir wegen ihrer untergeordneten Bedeutung hier mit Stillschweigen und begnügen uns zu bemerken, daß man in jedem einzelnen Falle aus den Angaben über ihre Zusammensetzung sich ein hinlängliches Bild von ihrer Wirksamkeit wird machen können, wenigstens wenn man zugleich die größere oder kleinere Zersetzbarkeit der Stickstoffsubstanz berücksichtigt, wofür in der heutigen Vorlesung schon einige Anhaltspunkte gegeben wurden. Nur einiger Abfälle der Zuckerfabrikation müssen wir hier gedenken, weil dieselben der großen Ausdehnung dieses landwirtschaftlichen Gewerbes wegen auch eine bedeutendere Rolle spielen als anderes Hierhingehörige. Ich meine den mittelst Kalk erzeugten Scheideschlamm (Schuimaarde holl.), für welchen wir durch Analysen zu Wageningen den folgenden Gehalt ermittelten:

Stickstoff	Phosphorsäure	Kali	Kalk (großenteils Karbonat)
0,2 %	0,6—1,1 %	Spuren	26 %.

Dieser Zusammensetzung entsprechend wird der Scheideschlamm wohl hauptsächlich als kalkartiger Dünger verwendet, über welche Düngerarten wir erst später zu

---

fabrikation. Die Behandlung solcher Spezialitäten würde uns zu weit führen. Vergl. hierüber namentlich das Lehrbuch der Düngerfabrikation von P. Wagner.

*) Unterpflügen ist für diese wie für beinahe alle anderen Düngemittel eigentlich das bessere; aber es giebt bekanntlich Umstände, unter denen man nicht gerne den Grund nochmals umsetzt.

**) Vergl. Thoms: 14. Bericht der Versuchsstation Riga, 1891, p. 11.

***) Siehe Landb. Courant, 1890, 17. Juli.

†) Die Haare einer Gerberei enthielten im unreinen, mit Kalk gemengten Zustande 6,7% Stickstoff (Jahresber. f. Agrikulturchemie, 3, p. 185).

††) Über die rationelle Behandlung von Wollabfällen zu Düngungszwecken wurde an der Versuchsstation zu Wageningen im Jahre 1899—1900 eine Arbeit von Muntendam ausgeführt (Landbouwk. Tijdsch. 1900, p. 263), aus der hervorgeht, daß man durch Behandlung mit Alkali Wolle zwar lösen kann, aber daß die gelöste Wolle für die Pflanzenwurzel nicht zugänglicher ist als die rohe Wolle. Ungefähr 1/8 des vorhandenen Stickstoffs wird bei dieser Gelegenheit allerdings als Ammoniak abgespalten. Auch bei Erhitzen mit Schwefelsäure unter Druck wurden keine sehr ermutigenden Resultate erhalten.

†††) Dieses enthält ungefähr 11% N und nur 1—2% Kali und Phosphorsäure.

handeln haben werden*), um so mehr, als gerade die Rübenäcker wegen der Vorliebe der Zuckerrübe für gut entsäuerten Boden dankbar für diese Düngungsweise zu sein pflegen. Aber bei den großen Mengen, in welchen derartige Düngemittel gebraucht zu werden pflegen, ist doch auch der Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure von Bedeutung, wodurch zugleich ein Beispiel der Rückkehr von Pflanzennährstoffen aus der landwirtschaftlichen Industrie in die Landwirtschaft gegeben ist.

Sodann entfällt in neuerer Zeit aus der Melasse ein Beiprodukt, unreines salzsaures Trimethylamin, welches nach damit angestellten Düngungsversuchen sich für die Kopfdüngung von Hafer als ebenso brauchbar erwies wie die entsprechende Menge Ammoniaksulfat**). Weiter dient die Melasse in neuerer Zeit häufig als Ausgangspunkt für kalireiche Düngestoffe, sei es, daß dieselbe wie in Ägypten als Brennmaterial dient und dann *Melasseasche* in den Handel kommt, sei es, daß dieselbe wie gegenwärtig in Deutschland und Holland in der Spiritusbrennerei verwendet wird, in welchem Falle dann die kalireiche Schlempe (Spoeling holl.) zum Ausgangspunkt einer in ihren Einzelheiten noch geheim gehaltenen Düngerfabrikation wird. Es wird gegenwärtig auf diese Weise der sogen. Melasseschlempedünger erzielt mit einem Gehalte von etwa 12 % Kali und 3 % Stickstoff. Von ägyptischer Melasseasche hatten wir an der Station zu Wageningen im Jahre 1899 Gelegenheit, eine Analyse auszuführen, welche die folgende Zusammensetzung ergab***):

Kohlensäure	21,2 %
Kali	40,3 „
Kalk	5,5 „
Phosphorsäure	1,6 „
lösliche Kieselsäure	2,0 „
Unlösliches	7,3 „.

Also ein rohes Kaliumkarbonat, das darum Aufmerksamkeit verdient, weil es ebenso wie der später zu besprechende *Martellin*†) willkommene Gelegenheit giebt, chlorfeindliche Pflanzen mit Kali zu versehen. Im übrigen kann es natürlich nicht unsere Aufgabe sein, den Düngerwert aller möglichen Abfallstoffe auf Grund ihrer Zusammensetzung hier zu besprechen, um so weniger, als wir in der folgenden Vorlesung beabsichtigen, allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen, nach welchen es leicht gelingen wird, alle möglichen Stoffe hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit aus deren für jeden speziellen Fall auszuführenden Analyse zu beurteilen.

---

*) 13. Vorlesung.

**) Vergl. die Mitteilung von v. Eckenbrecher auf der Naturforscherversammlung zu Magdeburg 1884.

***) Ein sehr merkwürdiges schwierig zu identifizierendes Produkt wird unter dem Namen von Kaliasche gegenwärtig aus Deutschland (Magdeburg) nach Holland ausgeführt. Dasselbe enthält 6—15% Kali, 18—19% Kalk, 16—18% Eisenoxyd, 8—10% Kiesel- u. $\pm$½% Phosphorsäure und hat einen nach besonderen Topfversuchen der Versuchsstation zu Wageningen (Landb. Tijdschr., 1898, p. 21) mit dem wasserlöslichen Kali proportionalen Düngewert. Nach meiner Information handelt es sich hierbei auch um Melassekohle, die bei der Stahlfabrikation Dienst gethan hat, nach einer anderen um Rückstände der Oxalsäurefabrikation, welche demselben Zwecke gedient haben.

†) Vorl. 11 dieses Abschnitts.

Doch giebt es noch einige Methoden in der praktischen Landwirtschaft, welche, obgleich bei denselben kein Dünger zugeführt wird, doch unter den bis jetzt als Ausgang genommenen Gesichtspunkt (Düngestoffe, dem landwirtschaftlichen Betrieb entstammend) fallen und von uns nicht ganz mit Stillschweigen übergangen werden dürfen, ich meine die Methoden der *Gründüngung* und die des *Moorbrennens*. In beiden Fällen ist nämlich der gebrauchte Dünger von der Landwirtschaft selber herrührend, nur mit dem Unterschiede von den bisher behandelten Düngersorten, daß seine Bestandteile überhaupt das Feld, auf dem es gebraucht werden soll, nicht verlassen haben.

Bei der Gründüngung wird die absichtlich produzierte Pflanzenmasse selbst als Dünger gebraucht, bei dem Moorbrennen die natürliche Vegetation auf moorigem Lande als Plagge abgeschält und nach dem Verbrennen über das Land verteilt, alles natürlich in der Absicht, die Erträge auf diese Weise zu erhöhen.

Die erstgenannte Maßregel ist in ihrer naturwissenschaftlichen Bedeutung leicht zu begreifen nach den Gesichtspunkten, welche wir zuletzt in der ersten der Düngerlehre*) gewidmeten Vorlesung besprochen, oder auch nach der Einsicht, welche wir schon in der Bodenkunde über die bodenverbessernden Eigenschaften der Pflanzenmasse als Bestandteil der Ackererde bekommen haben. — Nicht so einfach ist die *wirtschaftliche* Bedeutung der Gründüngung einzusehen. Eine Ernte verloren geben, um eine andere dafür zu gewinnen, erscheint leicht als eine wenig rationelle Operation, zumal wenn man dabei ins Auge faßt, daß man damit den ganzen Anspruch auf Genuß der Sonnenstrahlen während des Heranwachsens der zur Düngung verwendeten Pflanze endgültig verloren gehen läßt; denn die im ersten Jahre erzeugte Pflanzensubstanz verwest ja unwiederbringlich, und die in derselben enthaltene organische Substanz ist damit weg.

Die Lösung des Rätsels liegt natürlich in der ungleichen Verteilung der einzelnen Vegetationsmomente in den für diese Düngungsweise herangezogenen Ackererden. Sind diese letzteren z. B. sehr sandig und humusarm, so ist auf ihnen wegen der fehlenden Wasserkapazität und aus andern früher ausführlich durch uns erörterten Gründen das meiste Sonnenlicht für die Produktion der gewöhnlichen nicht allzu anspruchslosen landwirtschaftlichen Gewächse doch verloren; und dasselbe ist der Fall auf sehr stickstoffarmen Bodenarten. Baut man nun in erster Linie ein Gewächs, welches, wenn auch ohne direkten Wert als Futter oder Verkaufsartikel, sehr geringe Ansprüche an den Boden stellt und doch viel organische Bestandteile und in denselben viel und womöglich neu-assimilierten Stickstoff liefert, so kann durch Unterpflügen desselben der Boden für eine anspruchsvollere Pflanze, die eine wertvollere Ernte liefert, auf die einfachste Weise von der Welt vorbereitet werden, ohne den vielleicht sparsam anwesenden oder schwer beizuführenden Stallmist anderen Schlägen zu entziehen.

Hieraus geht zugleich hervor, daß die Methode der Gründüngung, obgleich sie in den extensivsten Perioden der Landwirtschaft, in welchen sie zuviel Mühe verursachen würde, nicht gefunden wird, doch bei ganz intensiver Kultur wieder verschwinden muß, weil in dieser Periode der Bodenwert zu hoch ist, um es noch rentabel erscheinen zu lassen, den Ertrag einer ganzen Vegetationsperiode bloß in

---

*) p. 13.

Dünger umzusetzen. Aus dem gleichen Gesichtspunkte ist auch deutlich, warum in Zeiten mittlerer Intensität die Methode sich beschränkt auf humusarme sandige und Verwitterungsböden oder auf die Außenschläge. Auf den ersteren fehlt mit dem Humus die physikalische Bodeneigenschaft, Wasserkapazität, und der chemische Bestandteil, Stickstoff; und ferne vom Bauernhofe wachsen die Transportkosten von Dünger aufs Feld und von Produkten vom Felde weg, während durch die Gründüngung in Bezug auf Pflanzenernährung vielleicht ungefähr dasselbe geleistet wird, wie durch die ersparte Stallmistdüngung.

Als man zu Anfang der 90er Jahre infolge der früher ausführlich besprochenen Hellriegelschen Entdeckungen*) von der Assimilation von freiem Stickstoff durch manche Gewächse der Gründüngung eine ganz neue und stellenweise übertriebene Ausdehnung geben wollte, warnte der Altmeister der rationellen Landwirtschaft, Julius Kühn, davor, wenigstens da, wo man gute Futtergewächse bauen könnte, der in Rede stehenden Methode eine zu große Ausdehnung zu gestatten; und in der That ist es ja deutlich, daß man durch Futterbau, wofür ja auch die stickstoffsammelnden Leguminosen herangezogen werden können, gleichsam zwei Mücken mit einer Klappe schlägt, erstens für den Stall sorgt, und im Stall die Pflanzennährstoffe großenteils (und in für manche Zwecke noch geeigneterer Form) als Stallmist zurückhält, womit die folgenden anspruchsvolleren Gewächse gedüngt werden können**).

Trotz der Richtigkeit dieser beschränkenden***) Argumente hat die Gründüngung heutzutage, sowohl für die Verhältnisse Europas als für die vieler tropischer Plantagen, eine große Bedeutung. Als Düngepflanzen spielen namentlich eine Rolle die Stickstoffsammler und als Gründüngungsböden die schon genannten sandigen angeschwemmten und Verwitterungsböden. Aber auch andere Pflanzen von rascher Entwickelung, z. B. der Senf oder Spörgel, können mit Erfolg als Dünger gebraucht werden (auch wenn sie nicht den Stickstoff *vermehren*), weil sie Böden von reicher Düngekraft in einer sonst vegetationsleeren Periode vor dem Auswaschen des Salpeters zu bewahren und zugleich den Humusgehalt zu vermehren vermögen. Der Salpeter wird z. B. durch den Senf assimiliert und in Form von Pflanzeneiweiß — allerdings im Augenblicke weniger verfügbar für das kommende Gewächs — aber doch vor völligem Verluste (durch die Drains) bewahrt. Auch wendet man auf schwereren Böden manchmal eine Gründüngung an, insofern, als man z. B. eine späte Kleeernte anstatt zu verfüttern unterpflügt.

Aber die glänzendsten Resultate gewähren doch die Lupinen, die beste Stickstoffsammlerin, auf armem Sandboden, wobei, zumal wenn man durch geeignete Kunstdüngung für das Gedeihen dieser Pflanze sorgt, oft mehr erreicht wird, als durch die beste Stallmistdüngung, und nach den Lupinen Roggen, Stoppelrüben, Kartoffeln, ja manchmal Runkelrüben erntet, die ihresgleichen suchen. Auch braucht man bei

---

*) Dieses Buch I, Vorl. 14.

**) Vergl. hierüber die Publikation von Julius Kühn, 1892, ins Holländische übertragen in Landbk. Tijdschrift II, p. 186.

***) Inwieweit das eine oder andere vorzuziehen, vergl. Schultz-Lupitz, Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden, Berlin 1895, p. 59.

intensiverer Wirtschaftsmethode nicht immer ein ganzes Jahr der Düngepflanze zu widmen. Man hat Methoden erdacht, um z. B. die Lupinen im September mit dem Roggen auszusäen, wobei sie in mildem Klima bis November noch eine ansehnliche Größe erreichen, dann erfrieren, aber die gesammelten Stoffe nun langsam der jungen Roggenpflanze zur Verfügung stellen. Oder man kann nach Frühkartoffeln noch Lupinen säen, was in feuchten Gegenden wohl gelingt, und mehr dieser Kombinationen.

Die Methode des *Moorbrennens* besteht darin, daß man die aus Heidepflanzen und Moorerde bestehende Narbe des Hochmoorbodens alle 7 Jahre oder in dergleichen Zwischenräumen abschält, auf Haufen bringt, abtrocknen läßt und brennt, und die so gewonnene Asche wieder gleichmäßig über das ganze Land verteilt, wonach dasselbe im stande ist, eine geringe Ernte, gewöhnlich an Buchweizen, hervorzubringen*).

Auch hier handelt es sich also gerade wie bei der Gründüngung um einen Kreislauf von Pflanzennährstoffen auf demselben Terrain, und der Hauptunterschied dieser gegenüber ist nur, daß die Düngepflanze zuvor verbrannt und damit des größten Teils ihres Stickstoffs**), um welchen es bei der Gründüngung ganz vorzugsweise zu thun ist, beraubt wird. Aber der Boden ist auch ein Moorboden, der nicht besonders arm an diesem Bestandteil, aber je mehr er in die Höhe wächst, desto ärmer (bei einem Übermaße an organischen Stoffen) an Aschenbestandteilen ist. Dazu wird der Moorboden selber, der überreich an Humussäuren ist, durch die Pflanzenasche mehr oder weniger neutralisiert. Man darf hierbei nicht vergessen, daß die Pflanzenaschen immer (die von einzelnen phosphorreichen Samen ausgenommen) einen basischen Charakter haben, da die in der Pflanze vorhandenen organischen Säuren verbrennen. Eine Aschendüngung wirkt also wie eine Kalkdüngung, und es ist charakteristisch, daß man neuerdings, wo man dem Moorbrennen, welches ja des Rauches wegen eine Plage für die ganze Umgebung und zuweilen selbst für ferne abgelegene Gegenden ist, durch andere Kulturmethoden zu verdrängen sucht, Düngung mit kalkreichem Seeschlamm und mit Kalk selber empfiehlt, während man zugleich die nötigen Aschenbestandteile in Form von Kunstdüngern zuführt. Hieraus ergiebt sich der Charakter des Moorbrennens zur Genüge. Die Maßregel selber aber ist als veraltete Methode von äußerst extensiver Art auf den Aussterbeetat gebracht.

---

*) Auch die Brandwaldwirtschaft im mittleren Schwarzwalde besteht in etwas Ähnlichem. Nur daß hier der Schälwald an Stelle der Heidevegetation tritt, so daß der Boden abwechselnd der forstwirtschaftlichen und einer sehr extensiven landwirtschaftlichen Kultur unterliegt. Nach der Abholzung wird die Bodennarbe samt den Holzresten verbrannt und gewöhnlich Roggen, Hafer, Kartoffeln gebaut. Ganz ähnlich folgt der Tabakbau in Deli (Sumatra) auf Wald. Aber hierbei wird viel wertloses Holz mit verbrannt, so daß die Aschendüngung sehr ansehnlich ist. Über Moorbrennen vergl. namentlich v. Seelhorst: Acker- und Wiesenbau, Berlin 1891.

**) Wohl nicht allen, da bei der unvollständigen Verbrennung auch teerartige Produkte entstehen, die wie solche Bestandteile im Ruße (siehe folgende Vorlesung) noch Ammoniak und Pyridinbasen zu enthalten pflegen, wovon auch die letzteren wohl mit der Zeit verfügbaren Stickstoff abgeben werden.

Die Besprechung des Moorbrennens bildet hierdurch zugleich den Übergang zu sonstiger Aschendüngung, womit wir uns gleich zu Beginn der folgenden Vorlesung zu beschäftigen haben werden*).

---

*) Eine ganz andere nicht hierhin gehörige Methode ist das Thonbrennen, welches mit zugeführten Brennstoffen geschieht oder geschah und die Verbesserung zäher Böden zum Zwecke hatte. Dies ist eine Meliorationsmaßregel, der seiner Zeit intensiven englischen Landwirtschaft angehörig, welche aber seither zweckmäßigeren Methoden (Bekalkung) Platz gemacht haben dürfte. Zu begreifen ist der technische Erfolg dieser Maßregel unschwer aus der Entstehung wasserfreier Silikate, welche die kolloïdalen Eigenschaften verloren haben, und zudem aus der Erfahrung bekannt durch das Verhalten von Backsteintrümmern dem Thone gegenüber. Ein Kalkgehalt der Erde scheint für den Erfolg nötig, wodurch dann auch Kali verfügbar wird. Analytische Belege hierfür bei Völcker: Journ. of Engl., V, 12, p. 496, 18, p. 342. Eine abfällige Beurteilung dieser Art der Brandkultur auch bei v. d. Goltz: Landw. Betriebslehre, 2. Aufl., p. 422.

Achte Vorlesung.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. — Düngemittel vegetabilischen Ursprungs. — Düngemittel tierischen Ursprungs.

Wir gehen in unseren Betrachtungen heute vollends über zu den sogenannten künstlichen Düngern.

Sowie man unter *absoluten* oder *natürlichen Düngern* alle diejenigen zur Bodenverbesserung geeigneten Stoffe versteht, welche ihrer Entstehungsweise nach eine ähnliche Zusammensetzung haben und vorzugsweise ähnliche Zersetzungsprodukte nach ihrer Einverleibung in die Ackererde liefern müssen, wie die Stoffe, die wir durch unsere Ernten dem Boden *entziehen,* so versteht man unter *relativen Düngern* solche zur Bodenverbesserung geeigneten Stoffe, bei denen dieses nicht der Fall ist. Dieselben heißen auch künstliche Dünger, weil zu deren Anwendung eine entwickelte Wissenschaft (Kunst) erforderlich gewesen ist. Künstlich fabriziert sind sie aber lange nicht alle.

Es ist nach der eben ausgesprochenen Definition durchaus selbstverständlich, daß diesen künstlichen Düngern keine so allgemeine Wirkung in Bezug auf die Erzielung eines Mehrertrages zukommen kann, wie wir sie als charakteristisch für die natürlichen Dünger haben erkennen müssen. Diese letzteren werden vermöge ihrer Zusammensetzung nur auf sehr reichen Ländereien keine Mehrerträge geben können, auf Ländereien, wo eben schon das Mögliche in Pflanzenproduktion geleistet wird, wo nicht mehr die Nährstoffe der Pflanzen im Minimum vorhanden sind, sondern wo jene ewig feststehenden, durch Menschenhand nicht zu ändernden Bedingungen des Pflanzenwachstums infolge ihres beschränkten Vorhandenseins der Produktion eine unverrückbare Grenze setzen.

Ganz anders muß es mit der Wirksamkeit der künstlichen Dünger bestellt sein. Diese sind der Natur ihrer Entstehungsweise nach an sich oder bei ihrer Zersetzung noch nicht befähigt, einer Pflanze alle die zu deren Aufbau notwendigen Stoffe, soweit sie dieselben aus dem Boden bezieht, ziemlich gleichmäßig zur Verfügung zu stellen; denn sie enthalten eben nur gewisse Nährstoffe in sich, oder sie vermögen solche bei ihrer Verwesung in der Ackererde zu erzeugen. Die Folge davon muß sein, daß sie auf manchen Äckern ganz außerordentlich große Wirkungen hervorzubringen vermögen, auf andern dagegen — und ohne daß diese durchweg in einem reicheren Düngungszustande sich zu befinden brauchen — nicht den geringsten Mehrertrag zu erzeugen im stande sind.

Diese Wirkungsweise ist nun durchaus selbstverständlich für einen jeden, der die Anfangsgründe der Pflanzenernährung inne hat und beachtet, daß der Überschuß

eines Pflanzennährstoffs wie überhaupt jeder Vegetationsbedingung über das Verhältnis hinaus, wie sie alle zur Produktion zusammenwirken, unmöglich in Wirksamkeit treten kann — einfach deshalb, weil eben eine jede dieser Bedingungen gleich notwendig zur Gesamtleistung und unvertretbar durch andere Bedingungen ist. Wenn wir jedoch zusehen, welchen Einfluß ein solches Verhalten gewisser Düngestoffe auf deren praktische Anwendbarkeit so lange haben mußte, als man noch nicht mit der Theorie der Pflanzenernährung vertraut war, die komplexe Düngermasse noch nicht in einzelne wirksame Faktoren begrifflich zu trennen verstand und darauf angewiesen war, die Brauchbarkeit eines Düngestoffes lediglich nach vereinzelten Beobachtungen auf dem Felde zu beurteilen, so kommen wir sehr leicht zu der Einsicht, daß die so nach einzelnen Beobachtungen festgestellten Wirkungswerte je nach der Beschaffenheit der Felder außerordentlich voneinander abweichen mußten, daß man unter Umständen weit mehr ungünstige Resultate erhielt als günstige, ohne im stande zu sein, sich Rechenschaft von einem so ungleichartigen Verhalten zu geben, und daß auf diese Weise solche Düngestoffe im allgemeinen bei dem Empiriker in Mißkredit kommen mußten. Für diese Düngemittel war also eine Theorie der Pflanzenernährung notwendig, welche ihre Anwendung regelte oder den praktischen Düngungsversuch wenigstens in die richtigen Bahnen wies.

Aber noch mehr. Die Theorie war außerdem dazu notwendig, um Stoffe, die möglicherweise sich als Dünger brauchbar erweisen konnten, aufzusuchen. Offenbar wäre es für den praktischen Landwirt, auch in dem Fall, daß er durch den Düngungsversuch allein zu einem Urteil gelangen könnte über die Anwendbarkeit irgend eines Stoffes als Dünger, ein ganz hoffnungsloses Unternehmen, alle möglichen Stoffe der Erdoberfläche auf ihre Düngefähigkeit wiederholt durchzuprüfen, und es ist in hohem Grade vorteilhaft für die Landwirtschaft, daß man auch andere Mittel besitzt, die Fähigkeit eines Stoffes, als Dünger zu dienen, festzustellen. Ein solches Mittel ist nun aber die chemische Analyse, die ihrerseits nur wieder zu diesem Zwecke angewendet werden kann, weil wir eine Theorie der Pflanzenernährung besitzen, weil wir wissen, welche einzelnen chemisch definierbaren Stoffe notwendig sind, um einen Boden zu einem baufähigen zu machen.

Aus diesen Betrachtungen erhellt, wie die Erkenntnis der Anwendbarkeit gewisser Stoffe als Düngemittel durchaus eine ausgebildete Theorie der Pflanzenernährung voraussetzt, wie eine Anzahl von unter gewissen Umständen vorzüglichen Düngemitteln der praktischen Landwirtschaft ganz unbekannt bleiben mußte, bis die Chemie in den Dienst der Landwirtschaft trat.

Das eben Gesagte gilt nun natürlich in noch viel höherem Grade von denjenigen Düngemitteln, die sich nicht in direkt anwendbarer Form vorfinden, zu deren Darstellung aus natürlichen Produkten eine Reihe von mehr oder minder komplizierten Manipulationen erforderlich ist, *da hier vollends durch das Probieren in den Tag hinein voraussichtlich gar nichts erreicht werden könnte.* Solche fabrikmäßig dargestellten Düngemittel werden also in erster Linie zu den künstlichen gezählt werden müssen. In diesem Sinne gehören auch die schon in der vorigen Vorlesung besprochenen Knochenpräparate zu den künstlichen Düngern, wohin sie denn in der That gerechnet werden, während umgekehrt die zugleich zu besprechenden Tange und Plaggen, ja selbst der Peruguano insofern zu den natürlichen Düngern gerechnet

werden können, als ohne alle Theorie deren Anwendung auf der Hand lag. Eine Grenze ist nicht scharf zu ziehen, wie überhaupt die Einteilung in künstliche und natürliche Dünger mehr einen historischen als einen praktischen Wert hat und daher von ausschließlich der Praxis zugewendeten Geistern gern vermieden wird.

Eine weitere Einteilung der künstlichen Düngemittel ergiebt sich dann sehr einfach gerade wegen der Verschiedenheit ihrer Entstehung und Zusammensetzung *nach den einzelnen Bestandteilen, die sie vorwiegend enthalten* und die sie zu ihrer relativen Wirksamkeit befähigen. Es werden aber nicht alle einzelnen Pflanzennährstoffe als Einteilungsprinzip benutzt werden können, sondern nur die, welche durch die Kultur eine erhebliche Verminderung erleiden und sparsam in der Ackererde vorhanden sind. Diese Stoffe sind Stickstoff, Phosphorsäure und Kali, dieselben, auf die wir bisher schon in erster Linie Rücksicht genommen haben, so daß man zweckmäßig zwischen *stickstoff-, phosphor-* und *kalireichen Spezialdüngern* unterscheidet.

Die künstlichen Düngemittel sind ferner entweder ihrem Ursprung nach völlig unorganischer Natur, d. h. sie finden sich an irgend einem Ort der Erde durch irgend einen geologischen Prozeß angehäuft oder sie sind nachweisbar tierische und pflanzliche Reste, nur eben keine Produkte, welche durch landwirtschaftliche Thätigkeit entstehen, sondern die durch natürlich verlaufene Prozesse ohne Zuthun des Menschen ins Dasein gerufen werden. Im letzteren Falle nähern sie sich der Entstehungsweise der natürlichen Dünger und haben daher, wenn sie noch durch sekundäre Prozesse keine tiefgreifende Veränderungen erlitten haben, auch eine häufig mit solchen koïncidierende Zusammensetzung, so daß, wie wir eben hervorgehoben haben, eine Art von Übergang besteht zu den eigentlichen natürlichen Düngern. Wir werden zuerst diese Sorte von Düngemitteln betrachten.

Für alle die nun zu behandelnden Düngemittel läßt sich weiter etwas ganz Allgemeines behaupten — und wir werden später von dieser Behauptung Nutzen ziehen —, daß nämlich ihre Zufuhr auf den Acker gerade das Umgekehrte bewirken muß wie die reine Stallmistwirtschaft, für die in fast allen Fällen ein kleiner, jedoch stetiger Verlust an Pflanzennährstoffen nachgewiesen werden kann. Die Quellen jenes Defizits haben wir ausführlich besprochen und haben gesehen, daß sie sich ohne Zuschuß von außen wohl vermindern, nicht leicht aber vollständig werden verstopfen lassen. Hier lernen wir Quellen des Zuwachses kennen, infolge deren fremde Düngestoffe Bestandteile der Ackerkrume werden. Es wird von Wichtigkeit sein, sich darüber klar zu werden, ob diese Quellen reichlich genug fließen oder wenigstens zu einem so reichlichen Fließen veranlaßt werden können, daß dadurch jener Verlust gedeckt werden kann.

Trotz dieses tiefgreifenden Unterschiedes vom Standpunkte der Ersatzlehre aus zwischen dem Teil der Düngestoffe, den wir schon behandelt haben, und dem Teil, den wir noch behandeln müssen, setzen wir also unsere Übersicht an der abgebrochenen Stelle fort und beginnen zunächst mit der Betrachtung derjenigen nicht der Landwirtschaft entstammenden Düngemittel, die mehr oder weniger veränderte tierische oder pflanzliche Produkte sind. Sie bestehen aus auf unkultiviertem Terrain wachsenden Pflanzen, deren Aschen, aus den Leibern auf unkultiviertem Terrain sich ernährender Tiere und aus den Exkrementen solcher Tiere.

In die erste Kategorie gehören Meeresalgen und die z. B. auf den Heiden wild wachsenden Pflanzen, welche bei der sogenannten Plaggenwirtschaft als Düngematerial dienen u. s. f.

Eine große Anzahl von *Meeresalgen* und *Tangen* und anderen Seegewächsen findet in der Landwirtschaft schon seit undenklichen Zeiten Verwendung. Schriftsteller*) der Alten erwähnen dieser Art von Düngung ganz ausdrücklich; jetzt hat sie z. B. an den Küsten Frankreichs, Algeriens und Italiens**) eine erhebliche Ausdehnung. Die hauptsächlich verwendeten Arten sollen den Fucoïdeen und Florideen angehören. Was die Zusammensetzung solcher zur Düngung verwendeten Meeresalgen betrifft, so kann die folgende Analyse, welche auf der Versuchsstation zu Wageningen ausgeführt wurde, zur Orientierung dienen. Am Strande der Nordsee aufgelesene Algen enthielten im lufttrockenen Zustand***):

Wasser	11,8 %	
Organ. u. flücht. Substanz	70,2	
darin Stickstoff		0,89 %
Aschenbestandteile	18,0	
darunter Phosphorsäure		0,14
„ Kali		0,72
„ kohlensaurer Kalk		1,1
Chlornatrium		7
Sand		4,4.

Von anderer Seite ist Kali- und Phosphorsäuregehalt höher gefunden worden†).

Bei der Düngung selbst sollen aber niemals die reinen, an Kali und Stickstoff ziemlich reichen Algen zur Verwendung kommen, sondern dieselben werden zusammen mit einer großen Menge von in denselben nistenden oder zufällig an denselben haftenden Seetieren gesammelt, weshalb man sich den Düngerwert jener noch beträchtlich gesteigert denken darf.

Aus der mitgeteilten durchschnittlichen Zusammensetzung der Meeresalgen ist trotzdem ersichtlich, daß die mit denselben gegebene Düngung in Bezug auf unsere meisten Kulturgewächse eine etwas einseitige ist. Der Kaligehalt erscheint neben dem Phosphorsäuregehalt dem pflanzlichen Ursprunge entsprechend, auch wenn dies Verhältnis durch Beimengung einer beträchtlichen Menge von stickstoff- und phosphorsäurereichen Seetieren (Seesterne, Garnaten, Fische) etwas abgeändert wird, außer-

*) Palladius, de re rustica, I, p. 33. „Der Auswurf des Meeres ersetzt, ist er mit süßem Wasser ausgewaschen, mit anderen Dungsurrogaten die Stelle des Düngers" nach Heiden: Düngerlehre, II, p. 415.

**) Sestini: Journ. d'agricult. pract., 1875, p. 388, u. J. A. Müller: Annal. agronom., 1894, p. 82. In Holland ist der Gebrauch sehr eingeschränkt, mir nur bekannt auf den Inseln Zeelands, wo die Kompostbereitung aus Algen eine Beschäftigung der Armen ist, die dann das Produkt an die Bauern verkaufen.

***) Blondeau (Journ. f. pr. Chem., B. 98, p. 249) hat aus dem Seetang eine Substanz (das Goëmin) gewonnen, die in heißem Wasser löslich ist, beim Erkalten aber geleeartig erstarrt und 21,36% Stickstoff, also mehr als die Proteïnkörper enthält. Vergl. auch über Düngung mit Tangen Bergstrand: Annal. d. Landw., 1872, p. 423.

†) Vergl. Landw. Presse, 1894, Nr. 94.

ordentlich groß, und thatsächlich wird die Beimengung von Knochenmehl zu jenem Dünger, namentlich wenn man, wie dies sehr zweckmäßig erscheint, Kompost aus demselben bereitet, lebhaft empfohlen.

Es muß dann bei diesen wie bei andern dem Meere abgewonnenen Düngestoffen auf den großen Kochsalzgehalt derselben aufmerksam gemacht werden, welcher unter Umständen die direkte Anwendung der Stoffe verbietet. In der Asche der Meeresalgen ist bis ein Viertel und sogar bis ein Drittel und mehr Kochsalz enthalten, und da man gerade in der Nähe von Meeresküsten, wo jene Düngestoffe allein Verwendung finden, von Kochsalzdüngungen niemals nützliche, häufig aber schädliche Wirkungen erwarten darf, so ist das Auswaschen jener Stoffe mit Wasser, das schon in alter Zeit üblich gewesen zu sein scheint, welches beim Kompostieren übrigens ja ganz von selbst geschieht, zu empfehlen.

Neben dieser Verwendung von Meerespflanzen zur Düngung unserer Ackerfelder haben wir der Verwendung *von wildwachsenden Pflanzen,* wie dies bei der sogenannten *Plaggenwirtschaft* geschieht, Erwähnung gethan.

Diese eigentümliche Bewirtschaftungsmethode, die auf den großen Heideflächen Norddeutschlands und Hollands üblich ist, ist schon bei Besprechung der Streuarten berührt worden und andererseits aus den in der vorigen Vorlesung bei der Besprechung der Gründüngung wieder berührten Gesichtspunkten in ihrer Zweckmäßigkeit leicht zu begreifen. Da die Menge der Pflanzennährstoffe in diesen Bodenarten eine verhältnismäßig so geringe ist, daß unsere Kulturgewächse in demselben kaum fortgebracht werden können, so sucht man jene auf eine billige Weise zu konzentrieren. Dem einzelnen Landwirte oder Kolonisten stehen gewöhnlich verhältnismäßig große Bodenflächen zu einer solchen Konzentrierung zur Verfügung, während er nur ein kleines Stück seiner Ländereien wirklich bebaut. Den großen nicht angebauten Bodenflächen werden nun die Nährstoffe einmal auf diese Weise entzogen, daß man sie durch große Schafherden beweiden läßt, deren im Stall fallenden Dünger man sammelt und auf die zu kultivierenden Felder verteilt. Soweit gehört das System nicht in das in Rede stehende Kapitel.

Gleichzeitig werden nun aber auch jene großen Heideflächen periodisch der auf ihnen sich bildenden Pflanzenprodukte auf die Weise beraubt, daß man sie, wie wir dies am Rasen zu sehen gewohnt sind, in einzelne „Plaggen“ sticht, oder besser mit der Hacke haut, diese Plaggen dann in den Schafställen, auch den Kuhställen, als Einstreu benutzt und abwartet, bis sich eine neue Pflanzendecke gebildet hat, und so fortfährt. Auf diese Weise wird dann thatsächlich eine solche Konzentration der wirksamen Bodenbestandteile erzielt, daß man zu einzelnen Feldern von leidlicher Fruchtbarkeit gelangt*).

*) Vergl. übrigens die ungünstige Schilderung, welche von Schorlemmer (Annal. d. Landw., Bd. 46, p. 30, und Jahresber. der Agrikulturchemie, 1865, p. 243) von der Plaggenwirtschaft macht — eine Meinung, die im allgemeinen auch von holländischen Sachverständigen geteilt wird. Namentlich scheint abgeplaggter Boden nur mit großer Schwierigkeit zur Waldkultur herangezogen werden zu können, während dieselbe auf unberührter Heide durchgängig Vorteile abwirft. Vergl. auch A. Salfeld: Die Kultur der Heideflächen Nordwest-Deutschlands, 1882.

In die gleiche Kategorie gehört dann auch die Verwendung der *Holzasche,* welche schon in sehr alter Zeit zur Düngung von Feldern benutzt worden ist und nur deshalb jetzt mehr und mehr ihre Bedeutung als Düngemittel verliert, weil ihre Verwendung in der Technik eine ausgebreitete ist und die Landwirtschaft wegen des geringen Preises, den sie für ihre Düngermaterialien zu bezahlen im stande ist, nirgends die ernstliche Konkurrenz mit den übrigen Produktionszweigen hinsichtlich eines Rohstoffes auszuhalten vermag. Die Holzasche entstammt dem Boden eines zur Zeit forstwirtschaftlich bewirtschafteten Grundstücks und kann insofern von der Landwirtschaft als ein Zuschuß von außen angesehen werden.

Werfen wir also einen kurzen Blick auf die nähere Zusammensetzung der Holzasche. In 100 Teilen reiner wasserfreier Asche der folgenden Holzarten sind enthalten*):

	Kali.	*Kalk.*	*Magnesia.*	*Phosphorsäure.*	*Schwefelsäure.*
Buche	20—30 %	25—40 %	± 10 %	8—14 %	± 2 %
Eiche	25—35	18—25	± 16	12—20	± 2
Birke	15—20	20—30	± 13	8—12	± 1
Kiefer	± 13	± 45	± 8	± 7	± 3
Fichte	12—20	± 25	± 8	± 2	± 3.

Der allgemeine Charakter der Holzaschen ist trotz der nach einzelnen Analysen und Holzarten sehr wechselnden Zusammensetzung ziemlich deutlich aus einer solchen Zusammenstellung zu erkennen. Der verhältnismäßig große Kali- und Kalkreichtum ist beinahe für alle in die Augen fallend; und so sehen wir sie denn auch als Dünger für Pflanzen angewendet, welche zu ihrem Gedeihen vorzüglich eine große Kalimenge im Boden voraussetzen; das sind namentlich Wiesengräser und sonstige Futtergewächse. Besonders wird die Anwendung der Asche von den Praktikern auf sauren Wiesen empfohlen, welche schlechte Gräser und Moose hervorbringen und auf denen sie außer düngend auch neutralisierend wirken. An Stelle dieser sieht man nach Aschendüngung wie durch einen Zauberschlag alsbald Kleearten auftreten, welche man vorher gar nicht wahrgenommen hatte.

Übrigens würde man sich einer starken Täuschung hingeben, wollte man annehmen, daß alle im Handel noch vorkommenden Aschensorten in ihrer Zusammensetzung den eben mitgeteilten Analysen entsprechen müßten. Ganz abgesehen von absichtlicher Beimengung von Torf- und Steinkohlenasche sind die Aschen oft um vieles minderhaltig, so daß man sich bei jedem Ankauf, wenn man der Erzeugungsweise nicht ganz gewiß ist, durch Analyse überzeugen muß, was man in Händen hat. Als Maßstab für den Wert bei einer solchen Analyse möchte ich aus Gründen, die sogleich noch deutlicher erscheinen werden, den Kaligehalt empfehlen. Eine Hauptursache des Mindergehalts ist nämlich das noch vielfach übliche Flößen der Hölzer, und es ist schon lange gezeigt worden, daß bei der Auslaugung durch Wasser besonders der Kaligehalt des Holzes leidet**). So wurde an der Versuchs-

*) Nach den Angaben von E. Wolf: Aschenanalyse, 1880, p. 68 u. f. Ausgebreitete Aschenanalysen amerikanischer Hölzer durch Harcourt (Ontario Agr. Col. and Farm. Rpt. 1897, p. 27); darin zuweilen viel niedrigerer Angaben an Kali u. Phosphorsäure.

**) Man vergleiche die Aschenanalysen von J. Schröder:

	Kali.	Natron.	Kalk.	Magnesia.	Phosphorsäure.
Fichtenholz ursprünglich	21 %	1,7 %	32 %	13 %	1,3 %
„ ausgelaugt	6,6 „	2,7 „	36 „	16 „	1,1 „.

station zu Wageningen Asche von Fichtenspänen untersucht, die, wie ich später erfuhr, von Norwegen entstammten und wovon das Holz geflößt worden war, dabei wurde ein Gehalt konstatiert:

von	Kali	kohlens. Kalk	Phosphorsäure
	2,4 %	13,6%	1,0%.

Dies ist gegenüber dem zu erwartenden Gehalte ein solcher Ausfall an Pflanzennährstoffen, daß diese Erfahrung wohl geeignet ist, zu einiger Vorsicht anzumahnen.

In gewöhnlicher, unverfälschter Holzasche kann man etwa einen Gehalt von 7—10% Kali und 1—3% Phosphorsäure annehmen*).

Neben der Holzasche ist dann der *Torf-,* der *Braunkohlen-* und *Steinkohlenasche* wenigstens Erwähnung zu thun. Der Torf hat je nach seiner Entstehungsweise eine so außerordentlich verschiedene Aschenzusammensetzung**), daß sich nichts Allgemeines über die Rolle der Torfasche als Düngemittel sagen läßt, außer etwa, daß sie in der Regel weniger wertvoll als Holzasche und daß ein ziemlicher Gipsgehalt für sie charakteristisch zu sein scheint, weswegen sie wohl zur Einstreu in Stallungen empfohlen worden ist. Die *Braun-* und *Steinkohlenasche* endlich ist infolge der geologischen Auslaugungsprozesse, welchen die Grundstoffe unterworfen waren, so arm an Kali und an Phosphorsäure, daß sie nur einen ganz geringen Düngerwert besitzt; ihre Hauptbestandteile sind Kalk, Eisenoxyd, Schwefel- und Kieselsäure. P. Wagner fand in Steinkohlenasche 1,3% Kali und 2,0% Phosphorsäure***); wir selbst in der feingesiebten Asche von Ruhrkohlen 1% Kali und 0,6% Phosphorsäure. Also auch hier große Schwankungen, aber im ganzen gegenüber

---

*) Vergl. Jahresber. f. Agrik.-Chem., 16 u. 17, p. 64. An Orten, wo die Asche selbst durch die Ansprüche der Technik der landwirtschaftlichen Benutzung entrückt wird, kann manchmal die sogenannte *Abasche*, der Auslaugungsrückstand nach der Pottaschegewinnung aus derselben, an Stelle jener benutzt werden. Diese Abasche ist nun freilich sehr viel kaliärmer, dennoch ist nicht alles Kali aus derselben entfernt, da ein Teil des kohlensauren Kalis durch Bildung eines ziemlich unlöslichen Doppelsalzes mit dem kohlensauren Kalk vor Auslaugung geschützt bleibt. Dann kommen in solchen Abaschen, wie man sie aus Seifensiedereien und Bleichereien erhält, die anderen wirksamen Bestandteile, wie namentlich die Phosphorsäure, relativ mehr zur Geltung, wodurch sie den Charakter eines einseitig wirkenden Düngemittels beinahe einbüßen. Doch ist die Verwendung der Asche zu diesen Zwecken nach dem Inslebentreten der Pottaschefabrikation aus den Staßfurter Kalisalzen nunmehr veraltet.

**) Heiden giebt auch (Düngerlehre, II, p. 230) für die Zusammensetzung der Torfasche eine Zusammenstellung von Analysen, nach welcher der Gehalt an Kali variiert zwischen 0,85—3,64%, an Kalk von 5,81—45,73%, an Magnesia von einer Spur—24,36%, an Phosphorsäure von 1,43—6,29% u. s. f. An der Versuchsstation zu Wageningen haben wir für Asche von holländischem (aus Drenthe) Torf gefunden 3,1% Phosphorsäure und 1,1% Kali, ferner 6,8% Magnesia und 13% Kalk. Noch verschiedener ist der Gehalt des Torfs an Asche überhaupt, nach Neßler (Düngerlehre, Mannheim 1868, p. 46) 1—13%. Derselbe giebt weiter an (ebenda), daß der Torf, welcher die geringste Aschenmenge enthielte, also hauptsächlich zum Brennen Verwendung fände, die als Düngemittel wertvollste Asche gäbe, — ein Wink von erheblicher praktischer Bedeutung.

***) Centralbl. f. Agrik.-Chem., 1876, p. 173. Vergl. auch Jahresber. f. Agrik.-Chem., 16 u. 17, p. 65.

der Torfasche doch ein Minderwert. Dabei ist zu bemerken, daß die zusammengeschmolzenen (schlackenartigen) Teile der Steinkohlenasche noch ärmer gefunden wurden an Pflanzennährstoffen, und da diese außerdem reich an das Pflanzenleben schädigenden Stoffen (Calciumsulfid) sind, so ist es immer anzuempfehlen, diese Teile abzusieben und nur die feinen Teile zur Düngung zu verwenden. Aber selbst diese läßt man lieber einige Zeit an der Luft liegen — am besten wird die Feinasche irgend welchen Komposten einverleibt —, ehe sie dem Boden übergeben wird. Unterläßt man diese Vorsichtsmaßregeln anzuwenden und verwendet z. B. ungesiebte frische Asche von Steinkohlen in Pflanzlöchern von Bäumen, so kann dadurch selbst das Leben dieser gefährdet werden. — Dagegen ist die Steinkohlenasche durch ihre grobe Struktur nicht ungeeignet, thonige Böden mechanisch zu verbessern und so z. B. der Kartoffelkultur besser zugänglich zu machen.

Neben den verschiedenen Sorten von Aschen verdient hier auch der *Schornsteinruß* einer kurzen Erwähnung, dessen Kohlenstoff allerdings gleichglütig ist für die Pflanzenernährung, der aber infolge dieses ziemlich fein verteilten Kohlenstoffs eine ganz beträchtliche Menge von Ammoniak (daneben auch noch Stickstoff in wenig zugänglicher Form) aus den Rauchgasen absorbiert enthält. Die Aschenbestandteile des Rußes sind von geringerem Gewicht, da unter ihnen Kalk, von der Mauerung der Schornsteine herrührend, vorherrscht. Doch ist in demselben der Kaligehalt infolge von bei der Verbrennung mitgerissener Asche nicht ganz unbedeutend.

Ruß von Torffeuerung wird am höchsten geschätzt. Ich habe in solchem bis zu 4 % und mehr Stickstoff in der Form von Ammoniak gefunden*), daneben noch anderen Stickstoff, u. a. in Form von Pyridinbasen, der wohl wegen der Unverwertbarkeit dieser Stoffe**) nicht in Rechnung gestellt werden darf. Daher der Wert des Rußes durck Ammoniakdestillation und nicht durch eine vollständige Stickstoffbestimmung festgestellt werden muß. — Steinkohlenruß muß nach praktischer Erfahrung und der Zusammensetzung des Grundstoffs entsprechend viel ärmer sein. — Der Ruß dient am besten zu einer Kopfdüngung im Frühjahr bei Wintergetreide, dessen Wachstum beschleunigt werden soll (um die durch Auswinterung entstandenen Lücken durch reichlichere Bestockung wieder auszufüllen), und hat dabei die angenehme Nebenwirkung, infolge seiner eigentümlichen Geruchsstoffe Insekten fernzuhalten. Auch die schwarze Farbe kann für die Bodenerwärmung von Bedeutung sein.

Sodann haben wir diejenigen Düngestoffe abzuhandeln, die ihrer Masse nach aus Leibern von wilden (nicht gehegten) Tieren bestehen. Derartige Stoffe fingen schon gleich an, nachdem die moderne Agrikulturchemie ihren Einfluß auf die Entwicklung der Düngerlehre geltend machte, in ganz großartigem Maßstab Verwendung zu finden, und dieselben haben ohne allen Zweifel bei weiterer Intensivierung unserer Betriebsmethoden eine noch größere Zukunft. In erster Linie haben wir hier vom *Fischguano* und ähnlichen den Meeren abgewonnenen tierischen Produkten zu reden. Ein Teil dieser Stoffe sind ursprünglich Abfälle des Fischfangs, also entweder ganz zufällig mitgefangene, als Nahrungsmittel wertlose Fische und andere Seetiere, die man früher, ehe man ihren Düngerwert erkannt hatte, ins Meer zurück-

---

*) Landbouwk. Tijdschrift 4, p. 283.

**) Siehe I. Band 12. Vorlesung.

zuwerfen pflegte, oder die bei der Zubereitung solcher Seetiere (für die Versendung) entfernten Teile derselben, z. B. Abfälle aus Heringssalzereien und der Stockfischdarre. Später fing man an, solche Stoffe direkt (hauptsächlich Auflesen am Strand, aber auch durch Fischfang) bloß zu diesem Zwecke zu gewinnen, nachdem man einmal jene Erfahrung gemacht hatte. So wird an der französischen und belgischen Küste der Nordsee die Mischung von Muschelschalen und Seesternen unter dem Namen „Coquilles animalisées" zur Düngung verwendet.

Die Produkte, welche man jedoch hauptsächlich mit dem Namen Fischguano belegt, werden in neuerer Zeit eigens zum Zweck der Düngung im großen dargestellt und weithin verschickt. So besteht zu Concarneau bei Brest in der Bretagne eine Fabrik, die sich damit beschäftigt, die Überbleibsel von der Zubereitung der Sardellen zu einem transportablen Dünger zu verarbeiten. An den englischen Küsten werden ähnliche Düngemittel aus Sprotten und Heringen bereitet, die man eigens zu dem Zwecke fängt. Ebenso werden in einer oldenburgischen Fabrik zu Varel die Garnaten (Cragon vulgaris, crevettes) zu einem künstlichen Dünger verarbeitet und in Neufundland die Abfälle des Kabliaufangs nach geeigneter Präparation als Dünger nach Frankreich geschickt. Auf den norwegischen Lofoteninseln und in vielen anderen Teilen Norwegens dienen die Abfälle des Dorschfangs zur Fischguanofabrikation, und es werden so in einer ganzen Anzahl von größeren Fabriken Produkte erzielt, die in erster Linie für den deutschen Düngermarkt berücksichtigt zu werden verdienen. Außerdem existiert noch eine Anzahl von Fischguanofabrikationen in anderen Ländern, z. B. in Ostpreußen, Helgoland, Portugal*).

Diese Fischguanosorten sind nun ihrer Zusammensetzung nach außerordentlich verschieden. Der Phosphorsäuregehalt schwankt von 13—16 %, der Stickstoffgehalt etwa von 5—12 %**), während der Kaligehalt ein ziemlich geringer ist und meistens unter 1 % zu betragen scheint***). Der Wassergehalt ist natürlich gering, 10 bis 12 % und niemals 20 % übersteigend. Über die Hälfte dagegen ist gewöhnlich organische Substanz.

In trockenen Seesternen (Asterias rubens) von der Nordsee sind nach einer Wageninger Analyse anwesend:

Wasser	1,8 %	
Org. u. flücht. Substanz	35,5	
darin Stickstoff		1,9 %

*) Viele dieser Angaben verdanke ich Heidens Düngerlehre, II, p. 281 u. f. Weitere Details in der 2. Aufl., p. 396 u. f.

**) Ganz ausnahmsweise kommen noch stickstoffärmere Sorten vor. Der mittlere Stickstoffgehalt der zu Wageningen untersuchten Sorten war 7 %, Phosphorsäuregehalt etwa 11 %, und ein ähnlicher Gehalt wird in dem norwegischen Guano garantiert.

***) Zur näheren Orientierung in den verschiedenen Fischguanosorten mögen folgende Angaben dienen: Sehr phosphorsäurereich wurden bisher gefunden alle norwegischen Fischguanos, welche in neuerer Zeit analysiert wurden, ferner der Helgoländer Guano und der Garnatguano mit Knochenmehlzusatz; sehr phosphorsäurearm dagegen die englischen, neufundländischen Sorten, der portugiesische Fischguano und der Garnatguano ohne Knochenmehlzusatz. Die stickstoffreichsten Sorten sind der französische Fischguano, der Garnatguano, die norwegischen und ostpreußischen Produkte; sehr stickstoffarm wurde bisher nur der portugiesische gefunden.

Aschenbestandteile	62,7	
davon Phosphorsäure		0,45
„ Kali		0,16
„ Chlornatrium		0,4
„ Sand		16,8
und viel kohlensaurer Kalk.		

Die Zusammensetzung ist also viel ungünstiger als vom eigentlichen Fischguano.

Hinsichtlich des Ursprungs des Fischguanos ist hier nochmals hervorzuheben, daß wir es in allen diesen Düngemitteln mit Stoffen zu thun haben, durch deren Anwendung in der Landwirtschaft derselben ein Zuschuß erwächst, welcher geeignet ist, das mehrbesprochene Defizit zu vermindern. Es ist schon hier ersichtlich, daß die durch Verspülung der menschlichen Exkremente ins Meer gelangten Stoffe nicht unwiederbringlich für die Ackerfelder verloren sind, und daß es somit wenigstens Mittel giebt, die den Wiedergewinn solcher Stoffe aus dem Meere ermöglichen.

In der gleichen Kategorie von Düngemitteln ist dann natürlich auch das der Fleischextraktfabrikation (Fray-Bentos in Süd-Amerika, ferner Australien) entstammende *Fleischmehl* zu erwähnen, eine Substanz, welche naturgemäß äußerst stickstoffreich ist und nur durch den Extraktionsprozeß an phosphorsauren Salzen eine große Einbuße erlitten hat und darum mit Knochenmehl (resp. Asche) vermengt in den Handel kommt. Als Düngemittel müssen diese Rückstände mit ihren etwa 6 % Stickstoff und jetzt gewöhnlich 13 % Phosphorsäure dem Fischguano nahegestellt werden. Man hat jedoch gefunden, daß diese Stoffe als Schweinemast-, Hunde- und Hühnerfutter Verwendung und natürlich eine höhere Nutzung finden können, was in beschränkterem Grade auch von manchen Fischguanosorten gilt.

Als Düngemittel stehen beide, Fleischmehl und Fischguano, dem gedämpften Knochenmehle nahe, nur daß man natürlich den höheren Stickstoffgehalt und den niedrigeren Phosphorsäuregehalt im Auge zu halten hat. Sie werden wie jenes zu allen möglichen Kultüren, aber mit Vorliebe auf leichten Bodenarten gebraucht und können mit Vorteil schon im Herbste selbst für ein Sommergewächs ausgestreut werden. Bei beiden hat man auf Feinpulverigkeit und gehöriges Unterpflügen zu achten, weil durch den Geruch angelockt sonst Krähen und Katzen die ausgestreuten Stückchen aufwühlen und außerdem die Wirksamkeit des Düngers sich nicht auf große Abstände erstreckt, derselbe mithin durch Bodenbearbeitung möglichst an die Stelle gebracht werden muß, wo die Pflanzenwurzeln sich entwickeln.

An die eben von uns behandelte Kategorie von Düngestoffen reihen sich nun noch die *Exkremente* von wildlebenden Tieren an, insofern solche Exkremente sich in größeren Massen ansammeln und abgebaut werden können. Der sogenannte *Fledermausguano*, welcher in dieser Kategorie zu nennen ist, besteht einfach aus den Exkrementen der Fledermäuse und findet sich häufig in größeren Massen in Höhlen angehäuft, ohne daß freilich diesem zuweilen sehr stickstoffhaltigen, aber nur sehr lokal vorkommenden Düngemittel*) eine weitgehende Bedeutung zukommen kann.

---

*) Vergl. Annal. der Chem. u. Pharm., B. 155, p. 348; Jahresber. f. Agrikulturchemie, VIII, p. 253; auch die späteren Jahresberichte.

In einem italienischen noch feuchten Guano dieser Art wurde gefunden 2% Stickstoff, 1,2% Phosphorsäure, während an der Versuchsstation zu Wageningen u. a. eine javanische Sorte analysiert wurde, die zu einem großen Teile aus den Chitinresten der verschiedensten Insekten bestand und folgende Zusammensetzung zeigte:

Stickstoff	7,2 %
Phosphorsäure	3,4
Kali	1,7
Gesamtasche	20,6

bei allerdings nur 22% Feuchtigkeit. In den holländischen ostindischen Kolonien findet dieser Dünger schon seit lange Verwendung.

Von ganz hervorragend wirtschaftlicher Bedeutung sind dagegen diejenigen *Guanosorten, welche aus den Auswurfstoffen von Seevögeln hervorgegangen sind* und sich auf einer Reihe von Inseln im Ozean nach und nach bis zu ungeheuren Massen angesammelt haben und deren wichtigster Repräsentant der *Peruguano* ist.

Man muß, um die Möglichkeit einer solchen Ansammlung durch sehr lange Zeiten hindurch zu verstehen, die eigentümlichen klimatischen Bedingungen berücksichtigen, welche in den Gegenden herrschen, wo wir jene kolossalen Aufspeicherungen sonst so leicht zersetzbarer Stoffe vorfinden; denn es kann ja keinem Zweifel unterliegen, daß z. B. bei unsern klimatischen Verhältnissen etwas dergleichen eine reine Unmöglichkeit wäre. Sehen wir ja selbst die an sich weit weniger zersetzbaren Exkremente der Tiere unserer Umgebung, den Einflüssen der Witterung in vollem Maße ausgesetzt, nach kurzer Zeit ihre wesentlichsten düngenden Bestandteile und damit ihre Befähigung, als Dünger dienen zu können, fast ganz einbüßen; und auf den mit Mövennestern dicht bedeckten Nordseeinseln (Rottum) sammelt sich kein Guano, obgleich daselbst die Vögelbevölkerung so dicht ist, daß es sich der Mühe lohnt, deren Eier zu verhandeln*).

Die klimatische Voraussetzung zur Ablagerung und Konservierung großer Massen von tierischen Auswurfstoffen in nur wenig verändertem Zustande ist der vollkommene Mangel an Regen an einem solchen Orte, und nur da, wo diese unerläßliche Bedingung erfüllt ist, nehmen wir jene großartigen Ansammlungen von natürlichem Guano wahr. Wo wir an Orten, für welche diese Voraussetzung nicht zutrifft, Ablagerungen von Stoffen antreffen, welche ähnlichen Ursprungs sind und dann auch wohl euphemistisch mit dem Namen Guano belegt werden, da haben wir es auch regelmäßig mit Substanzen zu thun, die ihre ursprüngliche Zusammensetzung eingebüßt haben, ganz einseitig wirkende Düngemittel geworden sind und nicht zur Gruppe des berühmten Peruguanos gehören.

Für die Guanosorten der regenlosen Zone**) ist der Ursprung leicht nachzuweisen. Auf den Inseln oder Küstenstrichen, wo wir diese Ablagerungen antreffen, nisten noch heute Seevögel (namentlich Pinguaarten und Pelikane), und in den abge-

*) Der Vogt von Rottum soll mit diesem Eierhandel — dieselben werden an die Groninger Bäcker verkauft — sehr einträgliche Geschäfte machen.

**) Boussingault berichtet, daß, als er zu Payta an der peruanischen Küste war, es dort seit 17 Jahren nicht geregnet hatte; in Chochope wird ein Regen vom Jahre 1726 als historisches Ereignis verzeichnet; vergl. Compt. rend., T. 51, p. 844. Ebenda weitere Angaben über das Vorkommen des Guanos. — Die ausführlichsten Zusammenstellungen

lagerten Schichten finden wir alle möglichen Anhaltspunkte dafür vor, daß sie größtenteils den Exkrementen, zuweilen auch den Eiern, Leichen dieser Tiere ihre Entstehung verdanken. Wir haben schon in einer früheren Vorlesung die Auswurfsstoffe einiger körnerfressenden Vögel (Tauben, Hühner) als verhältnismäßig konzentriert und stickstoffreich kennen gelernt. Für die Exkremente fleischfressender Vögel, welche die Guanoinseln bewohnen, tritt entsprechend dieser Nahrung der Stickstoff- und Phosphorsäuregehalt noch viel mehr in den Vordergrund; dazu trocknen in der Sonnenglut der dortigen Himmelsstriche die gefallenen breiigen, schon an sich wasserarmen Auswurfsstoffe rasch aus, ehe noch die Harnsäure, in welcher Form fast aller aus dem Blute ausgeschiedene Stickstoff in dem Harn der Vögel und Reptilien vorhanden ist, Gelegenheit findet, mit einiger Vollständigkeit die ihr eigentümliche Zersetzung zu erleiden. Man braucht sich nun bloß an den schon an sich hohen Stickstoffgehalt des Fleisches wie überhaupt des ganzen tierischen Körpers zu erinnern und im Auge zu behalten, daß die Fleischfresser, welche sich ausschließlich von diesen Stoffen ernähren, dabei einen großen Teil der organischen Substanz zerstören, den Stickstoff aber und die Aschenbestandteile wieder vollständig ausgeben, um eine Vorstellung vom Stickstoffreichtum der abgeschiedenen Exkremente solcher Tiere zu gewinnen. In der That hat man auch in den Exkrementen der Adler außerordentlich große Massen Stickstoff gefunden. Die Trockensubstanz dieser Auswurfstoffe scheint selbst nach einigen Angaben (wohl mit etwas Übertreibung) beinahe ganz und gar aus Harnsäure zu bestehen.

Die hierhergehörigen Guanosorten zeigen gegenwärtig (nachdem die stickstoffreichsten Massen abgebaut) ungefähr folgende Zusammensetzung:

	Peruguano.	*Ichaboeguano.*	*Ägyptischer Guano*).*
Organische Substanz [und Ammoniaksalze]	45 %	17,5—44,3 %	39 %
Stickstoff	5—8	3,1— 9.1	11
Phosphorsäure	15	± 7	9
Kali	2	± 3	—.

Der noch immer erhebliche Stickstoffreichtum der Guanosorten dieser Gruppen ist deutlich aus den angeführten Analysen zu ersehen; desgleichen der hohe Gehalt an Phosphorsäure, welche sich auch hier wiederum als eine treue Begleiterin jenes erweist. Die meisten dieser Guanosorten zeigen auch nicht unerhebliche Mengen von Kali, jedoch weitaus zurücktretend gegen die beiden andern düngenden Bestandteile, für welche jene als Spezialdünger anzusehen sind.

In Bezug auf die chemische Form, in welcher der Stickstoff in diesen Guanosorten vorhanden ist, läßt sich sagen, daß diese eine durchaus für das Pflanzenwachstum rasch zugängliche ist. Man hat, abgesehen von der praktischen Erfahrung, welche dies in unzweideutigster Weise lehrt, besonders den Peruguano, der von den aufgeführten Düngestoffen wegen der Bauwürdigkeit seiner Lager von weitaus der größten Bedeutung ist, hinsichtlich der chemischen Natur seiner stickstoffhaltigen

indessen über diesen Gegenstand in desselben: Agronomie etc., T. III, 1864, p. 94—148, und später bei J. Seyffart: Landw. Versuchsst., B. 17, p. 445.

*) Ähnlich auch der neuerdings in den Handel kommende Damaraland-Guano.

Bestandteile ganz eingehenden Untersuchungen unterworfen, aus denen genau dasselbe hervorgeht.

Beinahe die Hälfte der Substanz des Peruguanos besteht nämlich aus in Wasser leicht löslichen Stoffen, und unter diesen wiegt harnsaures und oxalsaures Ammoniak vor. Es ist leicht verständlich, wie diese Substanzen in den Guano gelangen, da wir wissen, daß die Oxalsäure unter bestimmten Umständen ein Spaltungsprodukt der Harnsäure ist, welche letztere, wie gesagt, das normale stickstoffhaltige Endprodukt des Stoffwechsels der Vögel darstellt. Wir müssen uns daher sowohl Oxalsäure als das Ammoniak als Zersetzungsprodukte der Harnsäure*) denken. Der unlösliche Teil des Guanos besteht dann wesentlich aus noch unzersetzter Harnsäure und aus phosphorsaurem Kalk. Außerdem kommt noch ein kleiner Teil des Stickstoffs im Guano in Form einer organischen Base, als Guanin, vor.

Was die Phosphorsäure angeht, so ist dieselbe, wenn auch nur zum kleineren Teile, in direkt löslicher, dann doch in für die Pflanzenwurzel ziemlich verfügbarer Form anwesend. In dieser Richtung wirkt die schon beim Knochenmehl besprochene innige Durchmengung mit sich später zersetzender organischer Substanz und dann weiter die günstige chemische Form, als welche neben dem schwerlöslichen Tricalciumphosphat erhebliche Mengen von bibasischem Phosphate aus der Berechnung der Zusammensetzung sich ergeben.

Einen guten Einblick in die nähere Konstitution des Guanos gewährt eine eingehende Analyse von Stutzer aus dem Jahre 1899, welche zugleich beweist, daß einzelne Inseln (im vorliegenden Falle die Mazorka-Inseln) selbst noch jetzt Guano von hohem Gehalte liefern.

Die chemische Untersuchung ergab folgendes:

Organische Bestandteile und Ammoniakverbindungen	61,30 %
Mineralstoffe	30,92 „
Wasser	7,78 „

Von wichtigen Nährstoffen sind enthalten:

Phosphorsäure,	gesamte Menge	12,67 %
„	in Wasser löslich	6,40 „
„	in 2 %iger Zitronensäure löslich	5,22 „
„	schwer löslich	1,05 „
Stickstoff,	gesamte Menge	14,03 „
„	als flüchtiges Ammoniak	1,58 „
„	in nicht flüchtigen Ammoniaksalzen	2,79 „
„	in organischen Verbindungen	9,66 „
Kali, in Wasser löslich		2,76 „.

An Harnsäure sind 16,5 % vorhanden.

Ich habe gesagt, daß das Ergebnis der chemischen Untersuchung des Guanos auch für dessen brauchbare Form als Düngemittel und für dessen rasche Wirkung

*) Dies kann auch aus der Thatsache geschlossen werden, daß der Gehalt verschiedener Guanoproben an Harnsäure und Oxalsäure im umgekehrten Verhältnis zu einander zu stehen pflegt. Harnsäure und namentlich Oxalsäure dienen auch als ziemlich sichere analytische Erkennungsmittel von echtem Peruguano von künstlichen Gemischen ähnlicher Art.

spricht, denn einmal müssen die bis dahin durch Mangel an Wasser verhinderten Zersetzungsvorgänge nun rasch vor sich gehen, wenn der Guano unter plötzlich veränderten Bedingungen in die feuchte Ackererde gelangt. Es müssen dann schnell die eigentlichen stickstoffhaltigen Pflanzennährstoffe entstehen, andererseits ein großer Teil der Aschenbestandteile direkt oder unter Einwirkung der sich zersetzenden organischen Substanz in Lösung und so mindestens zu einer günstigen Verteilung in der Ackererde gelangen. Und selbst wenn die Zersetzung der betreffenden stickstoffhaltigen organischen Bestandteile des Guanos nicht ganz vollständig vor sich ginge, wenn ein größerer oder kleinerer Teil der Harnsäure sich im Boden nicht so rasch zersetzen sollte, als man dies anzunehmen geneigt ist, so haben wir ja gesehen, daß auch zur Not dieser Stoff als direktes Pflanzennahrungsmittel dienen kann, obwohl vielleicht der experimentelle Nachweis dieses Sachverhalts gerade für die Harnsäure noch unvollkommen ist*).

Nach der mitgeteilten Zusammensetzung präsentiert sich nun der Peruguano als ein Düngemittel von sehr großer Konzentration, das aber natürlich (im Vergleich mit Stallmist) im Verhältnis zu seinem Gehalt an Pflanzennährstoffen sehr geringe Mengen von organischer Substanz in sich einschließt. Von Pflanzennährstoffen enthält derselbe in hervorragender Menge die beiden wertvollsten, d. h. gerade diejenigen, welche bei unserer Stallmistwirtschaft im größten Verhältnis zu ihrem Vorrat im Boden ausgeführt werden, und nach denen infolgedessen am meisten Nachfrage besteht, die also fast regelmäßig im Minimum in unseren Kulturböden vorhanden sind, und zwar beide in mehr oder weniger leicht zugänglicher Form. — Hieraus läßt sich schon im wesentlichen die Bedeutung dieser Guanosorten als Düngemittel und auch einiges über ihre zweckmäßige Anwendung folgern. Dieselben schließen sich in einer Beziehung sehr enge an gewisse schon behandelte Düngestoffe an; sie teilen mit den menschlichen Exkrementen und der Jauche den großen Mangel an festen organischen Substanzen und sind damit wie jene unfähig, physikalisch verbessernd auf Böden einzuwirken, schwere Böden zu lockern u. s. w.; sie teilen ferner mit den menschlichen Exkrementen den vorwiegenden Gehalt an Stickstoff und Phosphorsäure, sind aber ungleich konzentrierter als jene. Diese letztere Eigenschaft macht für die Anwendung des Peruguanos ganz besondere Vorsichtsmaßregeln, feine Verteilung auf den Feldern durch vorsichtiges Ausstreuen — dieselbe geschieht am besten nach Vermengung mit Erde — notwendig. Es ist ferner angezeigt, ihn unterzupflügen, tiefer oder untiefer, je nachdem die Bewurzelung der nachfolgenden Gewächse es erheischt.

Der Gehalt des Peruguanos an den zwei landwirtschaftlich wichtigsten Düngebestandteilen macht seine Anwendbarkeit trotz seiner einseitigen Zusammensetzung zu einer allgemeinen, beinahe für alle Feldfrüchte von Erfolg begleiteten, und wäre jener Mangel an physikalischer Bodenverbesserung nicht, welche eine große Anzahl unserer Felder nicht entbehren kann, so würde es möglich sein, wenigstens auf Verwitterungs- und thonigen Böden jahrzehnte- oder selbst jahrhundertelang mit

---

*) Vergl. I. Band 12. Vorlesung, p. 176; ebenso die vollständige Zusammenstellung über diesen Gegenstand bei P. Wagner: Journ. f. Landw., 1869, p. 88, und Vogel: Bayr. Akad., X. B., III. Abt., 1870.

diesem Düngemittel allein unter Erlangung großer Roherträgnisse zu wirtschaften. Es ist deshalb unnötig, im speziellen Pflanzen anzuführen, für deren Kultur der Peruguano vorzugsweise geeignet erscheint.

Mit einigen Worten ist hier auch ein aus dem Peruguano künstlich dargestelltes Düngemittel zu erwähnen, der *„aufgeschlossene Peruguano“*. Man behandelt seit einer Reihe von Jahren den Peruguano, gerade wie wir dies früher für das Knochenmehl kennen gelernt haben, mit Schwefelsäure, um auf diese Weise die Phosphorsäure leicht löslich und für die Pflanzen zugänglicher zu machen. Soweit diese Fabrikation sich auf den *seebeschädigten* (durch Seewasser bei der Überfahrt angefeuchteten) Guano erstreckt, liegt ihre Zweckmäßigkeit auf der Hand; denn durch das Wasser ist in den Guano der Impuls zu einer tiefgreifenden Zersetzung gelangt, welche mit der Entwickelung von Ammoniak, also mit Stickstoffverlust verbunden ist. Die Zumischung von Schwefelsäure verhütet natürlich u. a. diesen Verlust und schützt den seebeschädigten Guano vor weiterem Zurückgehen im Stickstoffgehalt. Auch kann die gleiche Fabrikation für wohlerhaltenen Guano zweckdienlich sein, wenn derselbe wie in neuerer Zeit reicher ist an Phosphorsäure (zumal Tricalciumphosphat) und ärmer an Stickstoffgehalt*). Im anderen Falle scheint das bloße Mahlen des von Natur häufig klumpigen und von Steinen durchsetzten Guanos genügend. Der aufgeschlossene Peruguano enthält gewöhnlich 10 % lösliche Phosphorsäure und 7 % Stickstoff, der indessen in neuerer Zeit vielfach durch schwefelsaures Ammoniak oder (in selteneren Fällen) durch Salpeter ergänzt wird. Stehen aufgeschlossener und feinpulveriger roher Guano, beide von gutem Gehalte, zur Verfügung, so verdient der letztere den Vorzug auf leichtem Boden, während für schwere Böden, in denen wegen der starken Absorption die gehörige Verbreitung der Phosphorsäure Schwierigkeiten unterliegt, vielleicht der aufgeschlossene vorzuziehen ist.

Der Peruguano wurde von den Peruanern schon in sehr früher Zeit — sichere Nachrichten liegen vor für das zwölfte Jahrhundert — angewandt, ein nahe verwandter Guano auch um dieselbe Zeit schon in Arabien**), und diese Thatsache läßt im Verein mit der Entstehungsweise dieser Ablagerungen dieselben als ein natürliches Düngemittel erscheinen, wenn auch die Einfuhr dieser Stoffe in Europa erst in den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts begann, und die naturwissenschaftliche Einsicht in die Ernährungsverhältnisse der Pflanzen denselben mit zur weiteren Verbreitung geholfen hat.

---

* Das lange Zeit Vorherrschen des aufgeschlossenen Guanos auf dem Düngermarkte über die natürliche Bedeutung desselben hinaus beruhte zunächst auf merkwürdigen Handelsusancen der peruanischen Regierung, wovon wir indessen hier keine Erörterung zu geben beabsichtigen. Dann aber blieb die Fabrikation bestehen weit über ihre natürlichen Grenzen hinaus, da die interessierten Düngerfirmen so Gelegenheit fanden, billige Schwefelsäure zu den hohen Preisen des berühmten Guanos zu verkaufen, und sie ungestraft so viel schwefelsaures Ammoniak zusetzen konnten, als die Garantie eines bestimmten Stickstoffgehalts verlangte, während beim rohen Peruguano derartige Zusätze prinzipiell ausgeschlossen waren.

**) Vergl. Heiden: A. a. O., p. 244.

Neunte Vorlesung.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. — Die phosphorsäurehaltigen Spezialdüngemittel. — Die Superphosphate. — Das Thomasphosphat.

Die in der vorigen Vorlesung behandelten Handelsdünger hatten schon den Umstand mit den nun zu behandelten gemein, daß sie nicht der Landwirtschaft entstammen. Wenn sie daher vom ökonomischen Standpunkte nicht mehr als natürliche Dünger gelten konnten, so hatten sie doch noch vom naturwissenschaftlichen sehr vieles mit ihnen gemein. Die Düngemittel, zu welchen wir nunmehr übergehen, sind auch in dieser Beziehung abweichend und charakterisieren sich in jeder Beziehung als *relative* oder Spezialdüngemittel.

Der Peruguano konnte noch in gewissem Sinne als Universaldünger gelten.

Eine ganz andere und als direkte Düngemittel weit untergeordnetere Stellung wie Vogelexkrementablagerungen regenloser Zonen nehmen diejenigen Guanosorten ein, welche denselben Ursprung haben, aber an Orten entstanden sind, wo Regen fällt, oder die der Meeresbrandung ausgesetzt sind. Dort machen die Vogelexkremente alle die Zersetzungen rasch durch, welche für stickstoffhaltige Auswurfstoffe charakteristisch sind, dort erleiden die löslichen und löslich werdenden Teile derselben unausgesetzte Auswaschungen. An die Entstehung eines stickstoff- oder alkalireichen Produkts ist in solchen Gegenden also schon von vornherein nicht zu denken. Doch ist dagegen und namentlich, wo solche Ablagerungen von Vogelexkrementen auf einer Unterlage von Kalksteinen geschehen, häufig Gelegenheit gegeben zur Bildung von phosphorsaurem Kalk, der seiner Unlöslichkeit wegen der Auswaschung widersteht und dann, natürlich vermischt mit anderen mineralischen Unreinigkeiten, abgebaut werden kann. Poröser Kalkstein wird durch die z. T. löslichen Phosphate des übergelagerten Guanos zu Tricalciumphosphat metamorphosiert, und so entstehen jene steinartigen Guanos, die man ebensogut Phosphorite nennen könnte und wovon die Baker-, Sombrero-, Curaçao- und Arubaguanos die besten Beispiele waren und z. T. noch sind, während die ausgelaugten Vogelexkremente mit ihrem durch den Auslaugungsprozeß konzentrierten Gehalte an Calciumphosphat ihre braune Farbe und lockere Struktur behalten können. Für diese letztere Sorte kann der Mejillonesguano als Beispiel dienen.

In dieser Klasse von Düngestoffen haben wir es also zu thun mit Substanzen, welche, obgleich ursprünglich auf eine Art entstanden wie die Dünger, welche eine absolute Düngewirkung zeigen, dennoch nur eine ganz einseitige Düngebefähigung betzen, vielmehr infolge sekundärer Prozesse zu einem relativen Düngemittel herab-

gesunken sind und so den Übergang machen zu einer sogleich zu behandelnden Klasse von Düngestoffen, welche nicht nachweislich organischen Ursprungs sind und deshalb nur rein zufällig dies oder jenes düngende Prinzip in sich enthalten.

Für diese, wesentlich aus phosphorsaurem Kalk bestehenden Guanosorten sind wie gesagt der *Baker-, Mejillones-* und *Curaçaoguano* die bekanntesten Repräsentanten, und um von der Zusammensetzung derselben einen Begriff zu geben, teile ich folgende Durchschnittsergebnisse der vielen angestellten Analysen dieser Substanzen mit.

	Curaçaoguano.	Mejillonesguano.	Bakerguano.	Jarvisguano.
Wasser	1 %	10 %	11 %	12 %
Organische Substanz	1	8	9	8
Stickstoff	—	0,7	0,5	0,5
Phosphorsäure	40	38	33	23
Kali	sehr wenig	—	sehr wenig	0,5
Kalk	50	34	40	35.

Aus allen Analysen ist ersichtlich, daß diese Guanosorten wirklich als mehr oder weniger durch andere Stoffe verunreinigter phosphorsaurer Kalk zu betrachten sind. Für sie ist natürlich, da sie keine erheblichen Mengen leicht zersetzbarer stickstoffhaltiger organischer Stoffe besitzen, das Aufschließen durch Schwefelsäure in allen Fällen zweckdienlich. Ja, die Wirksamkeit dieser Substanzen als Düngemittel ist gar keine erhebliche, wenn man nicht jene Operation mit ihnen vornimmt, es sei denn, daß es sich um saure oder moorige Böden handelt, wo Humussäure oder gar freie Mineralsäure das ihrige zur Löslichmachung der Phosphorsäure thun*). Unsere hochgradigen Superphosphate (bis 20 % lösliche Phosphorsäure) werden bis zur neuesten Zeit fast alle aus solchen Guanosorten dargestellt**). Für die Anwendung und

*) Korrosionsfiguren auf polierten Phosphoritplatten sind natürlich keine quantitativen Beweismittel in der entgegengesetzten Richtung, und an der Möglichkeit der Aufnahme von geringen Mengen in dieser Form hat nie jemand gezweifelt. Doch muß man bei den Phosphoriten unterscheiden, da es für ihre Zugänglichkeit nicht allein auf die chemische Form, sondern auch auf ihre mechanische Struktur ankommt. So hat sich das sehr feinpulverige sogen. ***Algierphosphat*** nach Versuchen aus den letzten Jahren als beinahe ebenso aufnehmbar wie das später zu besprechende rühmlich bekannte Thomasphosphat erwiesen (Dafert u. Reitmair). Der praktisch wichtige Unterschied ist einer Aufklärung sehr bedürftig.

**) Für die Auswahl des Rohmaterials für die Fabrikation ist außer dem Preise und dem Reichtum an Phosphorsäure entscheidend: 1. die möglichst vollständige Abwesenheit von Eisen (infolge desselben ergeben sich Übelstände, die sogleich besprochen werden sollen); 2. die Anwesenheit von leichtlöslichen Bicalcium- oder Bimagnesiumphosphaten; 3. die Weichheit des Materials. Beim Mejillonesguano z. B. liegen alle diese Umstände sehr günstig, während z. B. der Curaçaoguano steinhart ist und das Navassaphosphat zu eisenhaltig ist. Auch ein Gehalt von etwas Karbonat ist gerne gesehen, da derartige Phosphate lockerer sind und sich bei der Einwirkung der Schwefelsäure besser erwärmen — was zu Anfang die Reaktion begünstigt. Dieser Gehalt muß aber natürlich beim Säurezusatz berücksichtigt werden. Vergl. über diese Details P. Wagner: Lehrbuch der Düngerfabrikation, 1877, p. 15 u. ff. Dort auch Angaben über die Konzentration der zuzumischenden Schwefelsäure. Für Kalkböden wurden neuerdings die besonders sauren freie P_2O_5 enthaltenden Superphosphate empfohlen (Stoklasa), während dieselben sonst ihrer klebrigen Beschaffenheit wegen, welche die Ausstreubarkeit ungünstig beeinflußt, nicht anzuempfehlen sind.

Wirkungsweise dieser Superphosphate gilt selbstverständlich ungefähr das nämliche, was früher für das auf dieselbe Weise aufgeschlossene Knochenmehl hervorgehoben wurde.

An diese Guanosorten reihen sich dann noch die sogenannten *Koprolithen* an, ebenfalls fossile Stoffe von großem Reichtum an phosphorsaurem Kalk und hervorgegangen aus den festen Exkrementen vorweltlicher Tiere sehr verschiedener Art, wahre, der Form nach zuweilen noch sehr ähnliche Versteinerungen des Kotes bildend. Sie finden sich in sehr vielen Ländern, in England, Rußland, Böhmen, Spanien, Frankreich in ansehnlichen Mengen. Die Koprolithen, welche indessen unregelmäßiger zusammengesetzt sind als die letztbehandelten Guanosorten, und namentlich häufig einen bedeutenden Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde zeigen, werden gemahlen ebenfalls zur Darstellung von (niedriggrädigen) Superphosphaten verwendet, denn auch sie zeigen mit der eben erwähnten Ausnahme, als feines aber unaufgeschlossenes Pulver auf die Felder gestreut, in der Regel keine erhebliche düngende Wirkung. Neben den Koprolithen sind auch die *Osteolithen* (oder Ossophosphate) zu erwähnen, Phosphate, die durch ihre Form die Abkunft aus Knochen vorweltlicher Tiere verraten, chemisch indessen nicht strenge von den andern schon besprochenen Sorten auseinanderzuhalten sind.

An diese Stoffe sicher erwiesenen organischen Ursprungs reihen sich nun einige andere an von beinahe derselben Zusammensetzung und derselben praktischen Bedeutung als Düngemittel, für welche aber eine Abstammung aus untergegangenen tierischen Organismen oder deren Auswurfstoffen zweifelhaft oder ganz und gar unwahrscheinlich ist. Es sind dies die im engeren Sinne des Wortes sogenannten *Phosphorite**), welche sich häufig in ihrer Zusammensetzung, aber nicht in der äußeren Form — welche gerade für die Koprolithen den organischen Ursprung beweist, während diese Mineralien meist deutlich krystallinisch sind — den Koprolithen außerordentlich nähern. Zu denselben kann man auch die gut krystallisierten *Apatite* rechnen, die sogar im Urgestein vorkommen, manchmal in einer Mächtigkeit, daß der Abbau verlohnt (Norwegen). Für das mittlere Europa sind die Phosphorite des *Lahnthals* von hervorragender Bedeutung zur Darstellung von Superphosphaten geworden. Die im Lahnthale befindlichen bauwürdigen Lager dieses Minerals sind nämlich von erheblicher Ausdehnung und lassen eine ziemlich wohlfeile Gewinnung des wichtigen Düngestoffes zu, so daß nach ihrer Inangriffnahme in den sechziger Jahren eine bedeutende Preiserniedrigung der Phosphorsäuredünger erfolgte.

Die zuerst analysierten *Lahnphosphorite* ergaben einen Gehalt von 30—37 % Phosphorsäure; doch die später in den Handel gelangenden bewegen sich in der Regel zwischen 27—32 % und neuerdings noch darunter, da immer weniger reichhaltige Lager mit abgebaut werden mußten. Im übrigen ist außer einem der Phosphorsäure entsprechenden Kalkgehalt für die Lahnphosphorite ein Gehalt von 2—4 % Fluor, das für eine Phosphoritspezies, den Apatit, sogar als ein konstituierender

---

*) Für die Theorie der Entstehungsweise der Phosphorite sind die Untersuchungen Aebys (vergl. dessen: Über die unorg. Metamorph. der Knochensubstanz, Bern 1870) von Wichtigkeit. Eine gute Übersicht über alle nach Formationen geordnete Phosphoritvorkommnisse bei Barth: Die künstlichen Düngemittel, Berlin 1893. Interessant sind auch die bombenförmigen Phosphorite Podoliens und ganz ähnliche, aber kohlschwarze Südfrankreichs.

Bestandteil betrachtet wird, ferner von etwas Thonerde und namentlich von etwas Eisen charakteristisch. Dieser letztere Gemengteil ist vom Übel, weil er das Aufschließen des Phosphorits mit Schwefelsäure sehr erschwert und auch die Ursache ist, daß die so dargestellten Superphosphate beim Lagern ihren Gehalt an löslicher Phosphorsäure teilweise — wieder hauptsächlich durch Bildung von Eisenphosphaten — einbüßen oder nach der Kunstsprache der Düngerfabrikanten „zurückgehen"*).

Diese zurückgegangene Phosphorsäure, obgleich sie die wesentlichen Vorteile der chemischen Aufschließung, von welchen wir schon in einer früheren Vorlesung gehandelt haben, wieder eingebüßt zu haben scheint, ist doch, wie viele neueren vergleichenden Düngungsversuche lehren, wegen der verhältnismäßigen Leichtlöslichkeit des entstandenen Eisenphosphats und anderer ähnlichen Verbindungen in ihrer Düngebefähigung außerordentlich der ursprünglichen nicht aufgeschlossenen Säure des Minerals überlegen; ja für manche Bodensorten, zumal Sand- und Moorböden, konnten, war nur für genügende mechanische Verteilung im Boden gesorgt, in der Regel keine bedeutenden Unterschiede zu Ungunsten von zurückgegangener oder anderer mit dieser in Löslichkeit gleichstehender Phosphorsäure bemerkt werden. Nur für schwere Bodenarten von starkem Absorptionsvermögen scheint begreiflicherweise die löslich gemachte Phosphorsäure ein Prä behalten zu sollen, und auch insofern erscheinen die Maßnahmen mancher ausländischen Versuchsstationen verfehlt, welche auch für die Analyse von Düngemitteln die lösliche Phosphorsäure als Wertmaßstab nicht mehr anerkennen wollten, sondern diese mit der zurückgegangenen unter dem Namen von assimilierbarer Phosphorsäure zusammenwarfen**).

Übrigens sind auch die eisenfreien Superphosphate dem Zurückgehen unter Umständen unterworfen, namentlich wenn infolge ungenauer Berechnung der zuzusetzenden Schwefelsäure neben dem sauren Kalksalz noch unaufgeschlossener dreibasisch phosphorsaurer Kalk vorhanden ist, welche beide eine Wechselzersetzung in das unlöslich zweibasische Salz (Bicalciumphosphat) eingehen***). Wärme befördert

*) Diese Nachteile sind einzuschränken durch Gebrauch wenig aber konzentrierter Säure, rasches Auswerfen der stark sich erhitzenden Masse und dergl. Vergl. über diesen Gegenstand P. Wagner: Lehrbuch der Düngerfabrikation, 1877, p. 55. Die Thonerde ist, wie es nach neueren Untersuchungen von Stoklasa den Anschein gewinnt, an diesem Übelstande unschuldig.

**) Dies ist analytisch möglich durch die Anwendung eines Reagens, das thatsächlich diese verschiedenen Formen von Phosphorsäuren ziemlich gleichmäßig in Lösung bringt, dagegen die nicht aufgeschlossene des Tricalciumphosphats nahezu unberührt läßt, das indessen auf verschiedene Weise angewendet sehr verschiedene Resultate giebt, des citronensauren Ammoniaks. Ursprünglich von Fresenius, Neubauer und Luck eingeführt, ist dasselbe später zu sehr allgemeiner Anwendung gelangt, wobei die Annehmlichkeit eine große Rolle spielt, daß man in dem Citratextrakte die Phosphorsäure direkt durch Magnesiamixtur niederschlagen kann, ohne zuvor den Kalk und die Metalle der Eisengruppe abzuscheiden. Wird das Citrat lediglich zu diesem letzteren Zweck verwendet, so spricht man von der Citratmethode der Phosphorsäurebestimmung.

***) Vergl. Jones: Annal. d. Landw. Monatsbl., 1870, H. 12, p. 319. Neuere Studien von Stoklasa, mitgeteilt in der Landw. Versuchsst., 42, p. 439, und dessen: Die wasserlösl. Verbind. d. Phosphorsäure in den Superphosphaten, Prag 1894.

derartige Prozesse, daher schnelle Abkühlung durch Auswerfen der heißen Masse bei der Superphosphatfabrikation eine große Rolle spielt.

Die oben berührte Frage nach dem Werte der ungelösten wiewohl leichtlöslichen Phosphorsäure, die, um sie analytisch genauer zu präzisieren, auch wohl die citratlösliche (siehe Anm. * auf p. 131) genannt wird, hat auch ihre Bedeutung für die Ausbeutung von solchen Phosphoriten, die wegen ihres großen Gehaltes an kohlensaurem Kalke*) nicht geeignet sind, mit Schwefelsäure aufgeschlossen zu werden. Man löst nun, seitdem man eine höhere Meinung über den Wert der citratlöslichen Modifikation von Phosphorsäure gewonnen hat, dieses Gemisch von Phosphat und Karbonat in der wohlfeilen Salzsäure auf und schlägt aus der Lösung durch vorsichtigen Zusatz von Kalk Bicalciumphosphat nieder, welches ziemlich genau dieselben Löslichkeitsverhältnisse besitzt, wie die sogenannte zurückgegangene (denn diese ist ja z. T. derselbe Körper) oder die im Boden durch Absorption fixierte Phosphorsäure und daher als solches ein passendes Düngemittel darstellt. Für derartige Düngemittel fehlt noch ein geeigneter technischer Name. Häufig werden sie als Superphosphate bezeichnet, da sie gerade in Gegenden (Belgien) vorkommen, wo man den Unterschied zwischen wasser- und citratlöslicher Phosphorsäure preisgegeben hat. Doch scheinen sie schon wieder im Verschwinden begriffen.

Eine andere Modifikation der Superphosphatfabrikation (auch z. T. infolge des Zurückgehens eingeleitet) ist ebenfalls bedeutend genug, um unsere Aufmerksamkeit in Anspruch zu nehmen. Ich meine die an der Lahn üblich gewordene Erzeugung von sogen. *Doppelsuperphosphaten,* die darin besteht, daß man die durch eine rohe Aufschließung mittelst Schwefelsäure erzeugte freie Phosphorsäure ein zweites Mal auf Phosphoritpulver einwirken läßt und so ein Produkt gewinnt von ungefähr 37 % wasserlöslicher und noch außerdem ± 8 % citratlöslicher Phosphorsäure, das natürlich seiner enormen Konzentration wegen für die Ausfuhr nach den Tropen sehr geeignet ist.

Diese Fabrikation**) findet so statt, daß man erst aus Phosphorit durch Anwendung einer der anwesenden Phosphorsäure äquivalenten Menge verdünnter Schwefelsäure Gips und freie Phosphorsäure erzeugt, dann den ersteren durch Filterpressen beseitigt, der, wenn unvollständig ausgewaschen, seines Gehaltes an Phosphorsäure wegen in der Landwirtschaft (namentlich für die Düngerkonservierung***) unter dem Namen von *Superphosphatgips* sehr beliebt ist, und die letztere nach dem Eindampfen benutzt, um eine neue Menge — und diesmal möglichst eisenfreien — Phosphorit zu Monocalciumphosphat umzusetzen.

---

*) Z. B. die Phosphorite von Ciply (Belgien). Ungefähr dasselbe gilt von den mit Säuren (Salzsäure) erzeugten Laugen aus Knochen, die zur Leimfabrikation dienen. Der Niederschlag wird zweckmäßig mittelst Filterpressen isoliert, und das erzielte Produkt heißt dann Präzipitat.

**) Genauere Beschreibung des Verfahrens durch L. Brunner: Naturforscherversammlung zu Salzburg 1881. Siehe auch Heidens Düngerlehre, 2. Aufl., II, p. 503. Daß dabei, wie in einigen Lehrbüchern erwähnt wird, Alkohol zur Lösung der Phosphorsäure verwendet wird, beruht auf einem Irrtum.

***) Siehe die vierte Vorlesung, p. 56.

Als Phosphorsäurequelle rein mineralischer Natur ist endlich die *Thomasschlacke,* ein Abfall bei der Entphosphorung des Roheisens, zu besprechen, welche in neuerer Zeit einfach gemahlen als Düngemittel verwendet wird.

Das Thomasphosphat ist also im Gegensatz zu den anderen mehr oder weniger schwerlöslichen Phosphaten ein Kunstprodukt und zwar Abfallprodukt der modernen Stahlfabrikation. Diese beruht bekanntlich abweichend von der älteren umständlichen, welche vom reinen Schmiedeeisen ausging, darauf, daß man das unreine Roheisen von einem großen Teile seiner verunreinigenden Bestandteile, vor allem Kiesel, Schwefel und Phosphor, durch Verbrennung dieser mit Hülfe von Gebläseluft reinigt und so auf abgekürztem Wege einen verhältnismäßig billigen, leicht schmelzbaren, sogen. Guß-Stahl erhält. Ein großer Fortschritt in dieser ursprünglich nach Bessemer benannten Stahlfabrikation beruht nun auf der Entdeckung der englischen Ingenieure Gilchrist und Thomas, daß die Entphosphorung des Roheisens besonders leicht gelingt, wenn man in das Schmelzgefäß, den sogen. Konverter, zuerst frisch gebrannten Kalk thut und denselben außerdem von innen mit einer Schicht von Dolomitpulver (mit Teer zusammengehalten) bekleidet, wobei der Kalk sich dann mit der entstehenden Phosphorsäure vereinigt, so daß auf diese Weise auch sehr phosphorhaltige Erze, welche früher für die Stahlfabrikation unbrauchbar waren, für diese Verwendung finden können. Der auf diese Weise entstehende, natürlich stark verunreinigte phosphorsaure Kalk schwimmt dann nach Beendigung der sehr stürmisch verlaufenden Reaktion auf dem geschmolzenen Stahle als eine Schlacke, welche ihrer Entstehungsweise nach und zum Unterschiede von anderen Stahlschlacken auch *Thomasschlacke,* in anderen Gegenden (Belgien) auch wohl einfach Metallschlacke genannt wird.

Die Zusammensetzung dieser basischen Schlacken ist ziemlich verschieden, je nach der verschiedenen Natur der Erze und des daraus zunächst erzielten Roheisens, zumal da die Menge des beim Schmelzprozesse zugesetzten Kalkes sich auch nach der Menge des zu beseitigenden Phosphors richtet. Im allgemeinen kann man folgende Grenzziffern unterscheiden:

Phosphorsäure	11—23 %
Kieselsäure	3—13 „
Kalk	38—59 „
Eisenoxydul oder -oxyd	6—25 „
Manganoxydul	1—6 „
Thonerde	0,2—3,7 „
Magnesia	2—8 „
Schwefel	0,2—1,4 „.

Ferner noch geringe Mengen anderer Stoffe und häufig eingeschlossenes metallisches Eisen, welches übrigens bei Verwendung der feingemahlenen Schlacken durch den Magnet fast ganz beseitigt wird.

Lange war schon dieser Prozeß und die Zusammensetzung der dabei erzielten Schlacke (deren reichlicher Gehalt an Pflanzennährstoffen) bekannt, ehe man die große landwirtschaftliche Bedeutung derselben erfahren hatte. Man ahnte nämlich, in theoretischen Anschauungen über die Schwerlöslichkeit der basischen Phosphate befangen, nicht die große Aufnehmbarkeit der in ihr enthaltenen Phosphorsäure für

die Pflanzenwelt. Alle anderen mineralischen Phosphate des Kalks und des Eisens hatten bis dahin*) schlechte Düngungserfolge gehabt, selbst die Knochenphosphate hatten trotz ihrer innigen organischen Vermengung mit leicht vergänglichem und auflösend wirkendem, leimgebendem Stoff nur eine beschränkte Zugänglichkeit gezeigt. Wie hätte man also in dieser geschmolzenen, glasartigen Masse mit einem so großen Überschusse an basischen Bestandteilen, daß das Vorhandensein der etwas leichter zugänglichen bibasischen Phosphate ganz ausgeschlossen war, eine erheblich größere Verfügbarkeit voraussetzen dürfen?

Die ersten Benutzungsvorschläge gingen also auf eine chemische Umsetzung des beachtenswerten Rohmaterials, deren Details der Geschichte angehören und uns an diesem Orte nicht weiter interessieren**). Später erst wurde man darauf aufmerksam, daß ein Teil der Thomasphosphorsäure in Pflanzensäuren (z. B. Citronensäure) und sogar in Kohlensäure auflöslich sei, und wagte infolgedessen einige Düngungsversuche mit der chemisch unveränderten und nur feingemahlenen Schlacke, welche in diesem feinpulverigen Zustand den Namen von *Thomasphosphatmehl* erhielt. Die Resultate dieser Düngungsversuche waren so ermutigend, daß sich bald ein großartiges Absatzgebiet für die neue Phosphorsäurequelle ergab und man sogar die auf den Halden liegende alte Schlacke zu diesem Zwecke wieder aufsuchte und verarbeitete. Die einzige Vorbereitung dabei war eine rein mechanische, das Zermahlen zu einem äußerst feinen Mehle, da man erkannte — und dies ja auch theoretisch vorauszusetzen war —, wie sehr der Düngereffekt von diesem verteilten Zustande abhängig war. Für diese Zerkleinerung wurden bald leistungsfähige Kugelmühlen konstruiert und der Grad der Feinheit nach dem Vorschlage des um die Einführung des Thomasphosphats zur Melioration von Moor- und Heideböden hochverdienten M. Fleischer durch Metallsiebe von einem Maschenabstand von 0,17 mm***) kontrolliert. Die gewöhnliche Forderung dabei ist, daß wenigstens 75% des Phosphatmehls durch ein solches Sieb passieren muß. Die Leistung der neueren Mühlenkonstruktionen ist aber eine so vorzügliche, daß der Gehalt an Feinmehl in der Regel ein noch bedeutenderer ist.

Daß die Düngewirkung des Thomasphosphates mit der Feinheit desselben zunimmt, versteht sich bei der Schwerlöslichkeit desselben allerdings ganz von selber. Dagegen fehlt noch bis zur Stunde eine völlig befriedigende Theorie der verhältnismäßig leichten Zugänglichkeit der in dieser Form gegebenen Phosphorsäure überhaupt. Durch vielfach variierte Düngungsversuche ist mit voller Sicherheit ausgemacht, daß die Phosphorsäure in den besseren Sorten von Thomasmehl wenigstens den halben bis zwei Drittel Düngerwert hat von der wasserlöslichen Phosphorsäure der Superphosphate und daß die Nachwirkung jener in späteren Jahren im Verhältnisse noch bedeutender ist, da das Thomasmehl im Boden weniger nachteiligen Um-

*) Das *Algier-Phosphat*, wovon vorhin p. 129 *) die Rede war, kannte man damals noch nicht.

**) Vergl. über diesen Gegenstand Schucht: Die Fabrikation des Superphosphates und Thomasphosphatmehles, Braunschweig 1894.

***) Sogenanntes Sieb Nr. 100, da die Siebe in der Technik numeriert werden nach der Anzahl Drähte auf den alten Zoll von 26 mm. Man vergesse bei der Berechnung nicht, daß beinahe die Hälfte der Fläche durch den Metalldraht selber eingenommen wird.

setzungen ausgesetzt ist als diese, die sich gerade wegen ihrer größeren Aktivität bald mit dem kohlensauren Kalk und dem Eisenoxyd des Bodens zu schweren und schwerer löslichen Verbindungen umzusetzen pflegt. Ebenso ist ausgemacht, daß die fragliche Phosphorsäure weit verfügbarer ist als die des Knochenmehls im rohen, gedämpften oder gefaulten Zustande desselben, gar nicht zu reden von der beinahe unter allen Umständen sehr geringen Zugänglichkeit der Phosphorsäure, der Phosphorite und anderer mineralischer Tricalciumphosphate. Für beinahe alle, selbst die intensivsten Kulturen, wie z. B. den Tabak, ist das Thomasmehl, zumal auf den leichteren Bodenarten, ausgezeichnet zu gebrauchen, wenn man davon nur eine entsprechend größere Menge verwendet. Nur wenn der Boden in schlechtem Düngungszustande verkehrt, macht sich die Düngewirkung des Thomasmehles zuweilen etwas zu langsam geltend; daß sie unter solchen Umständen z. B. mehr auf den Strohertrag als auf den an Körnern wirkt.

Diese unzweifelhaft günstige Wirkung hat man sich theoretisch nun gewöhnlich so zurechtzulegen gesucht, daß man die Verbindungsform der Phosphorsäure im Thomasmehl sich dachte als (mit der gewöhnlichen Verbindungsweise der Phosphorsäure allerdings wenig harmonierend) Tetracalciumphosphat, eine chemische Verbindung, welche man nicht allein als solche künstlich dargestellt hat*), sondern auch in den Thomasschlacken mikroskopisch nachweisen konnte**), und thatsächlich ist die Phosphorsäure in dieser Verbindung sauren Reagenzien gegenüber, wie die sind, worüber die Pflanze verfügt, leichter zugänglich als die des gewöhnlichen Tricalciumphosphats; und ganz dasselbe gilt für die entsprechenden Magnesiasalze. Man kann sich dieses Verhalten etwa erklären aus der geringeren Stabilität der vierbasischen Verbindung, die unter Einfluß von Säure leichter sich spaltet in ein Kalksalz der angreifenden Säure und in Bicalciumphosphat.

Dieser im übrigen ziemlich plausibeln (man hat außerdem auch noch auf die glasartig spröde Natur der Schlacke gewiesen, die sich leichter splittert als das zähe Tricalciumphosphat) Erklärungsweise steht nun aber von neueren Erfahrungen entgegen, daß nicht die kalkreichsten Schlacken, sondern die kieselreichsten (bei gleichem Phosphorsäuregehalt) die besten sind und daß man geradezu die Verfügbarkeit der Phosphorsäure durch Umschmelzen der Schlacken mit Kieselsäure in der Form von Sand sehr ansehnlich steigern kann, wobei dann unfehlbar ein Teil des Kalkes der Phosphorsäure entzogen und an Kieselsäure gebunden wird. In der neueren Zeit hat daher die Ansicht Feld gewonnen, daß die Phosphorsäure in dem Thomasphosphat zum großen Teile als Doppelsalz von Tricalciumphosphat mit Kalksilikat vorkomme und daß diese Form der Pflanzenwurzel sehr zugänglich sei***). Es stützt sich diese Meinung auf die Analyse der unter dem Mikroskope blau erscheinenden Krystalle der Schlacke durch Arens†) und auf den schon eben angedeuteten Nachweis Wagners, daß die Citratlöslichkeit der Thomasphosphorsäure mit dem Gehalt der Schlacke an gebundener Kieselsäure ungefähr parallel gehe. Aus anderen Gründen

*) Vergl. Hilgenstock: Jahresber. chem. Technologie, 1887, p. 282.

**) Auch als Mineral bekannt unter dem Namen von Isoklas.

***) Vergl. P. Wagner: Landw. Presse, 1894, p. 983.

†) Die Thomasschlacken, ihre Analyse und Verwendung, Wiesbaden 1886.

ist eine teilweise Bindung der Phosphorsäure an Eisen wahrscheinlich*). Die wissenschaftliche Erklärung des großen Düngevermögens läßt also noch zu wünschen übrig, wie das die Eigenschaft aller Erklärungen zu sein pflegt, die nicht der Erfahrung vorausgehen, sondern derselben hintennach angepaßt werden.

Bei der ausgezeichneten Düngewirkung des Thomasphosphats ist noch besonders zu erwähnen nötig, daß die Sulfide und der Eisengehalt derselben nicht, wie manche anfangs befürchtet hatten, als schädliche Bestandteile irgendwie sich geltend machen. Der Gehalt an den erstgenannten Bestandteilen ist, wie die oben mitgeteilte Analyse lehrt, sehr gering. Das reichlich vorhandene Eisen ist allerdings zum größten Teil als Oxydul anwesend, aber auch dieser Bestandteil ist, worauf schon mehrfach hingewiesen wurde, wenn er von selbst im Boden erzeugt wird, mehr ein Kennzeichen einer schlechten Durchlüftung wie in einem gut durchlüfteten Boden an sich ein schädlicher Bestandteil.

Für die Beurteilung des Thomasmehles durch die Versuchsstationen dienen zur Zeit im holländisch-belgischen Verband die folgenden Momente: Man bestimmt zunächst den Gehalt an Gesamtphosphorsäure, sodann natürlich die Feinheit (genauer den Prozentgehalt an Feinmehl) mittelst des oben erwähnten Siebes; endlich die Echtheit. Auch die letztere Feststellung ist nach dem jetzigen Stand der Beurteilung eine Notwendigkeit, da sonst feingemahlener Phosphorit von hohem Phosphorsäuregehalt, aber von weit geringerem Werte einfach als Thomasmehl auf den Markt geworfen werden könnte, wie thatsächlich solche Waren, mit Kohlenpulver dunkel gefärbt, um so dem Thomasmehle ähnlicher zu werden, vielfach dem Landwirte in die Hand gestopft werden. Als bestes Erkennungsmittel der Echtheit kann das Mikroskop dienen**), unter welchem das Thomasphosphatmehl als glasige, vielfach buntgefärbte Splitter erscheint, während die Phosphorite nur als schwach durchscheinende helle Körner auftreten. Auch der geringe Glühverlust der Schlacken, die ja eben durch den Glühprozeß entstanden sind, ist ein gutes Kennzeichen, während spezifisches und Volumgewicht, die früher viel als Unterscheidungsmittel gebraucht wurden, bei sehr feinen, sogen. Flugmehlen, die als Nebenprodukt beim fabrikmäßigen Sieben der Thomasmehle erzeugt werden, und bei Produkten, die mittelst des Elektromagneten ihrer Eisenteile sehr vollständig beraubt sind, manchmal im Stiche lassen.

Es kann freilich keinem Zweifel unterliegen, daß diese Art der Beurteilung keine ganz gerechte ist. Natürlich ist eine Methode zu erstreben, welche wie die Bestimmung der wasserlöslichen Phosphorsäure in den Superphosphaten mit einem Schlage einen brauchbaren Maßstab giebt, ohne sich mit den subtilen Fragen der Provenienz einzulassen. Eine derartige Beurteilungsweise ist um so mehr anzustreben, als es durch zahlreiche und sehr sorgfältige Düngungsversuche, wie sie namentlich von P. Wagner angestellt worden sind, außer allem Zweifel ist — und Thatsachen, die hierhin gehören, wurden ja auch soeben von uns, als wir von der Theorie der großen Wirksamkeit des Thomasphosphates handelten, zur Sprache gebracht —, daß

*) Vielleicht teilen übrigens die stark basischen Eisenphosphate mit den ebenso konstituierten Kalk- und Magnesiaphosphaten die Eigenschaft der Leichtlöslichkeit.

**) Vergl. Wrampelmeyer: Tijdschr. v. Landbouwkunde, 1893, p. 149.

verschiedenartige Thomasphosphate, deren Echtheit ganz außer Zweifel steht, in verschiedenem Maße für die Pflanzenproduktion verfügbare Phosphorsäure enthalten.

So hatte seiner Zeit das Thomasphosphat eines englischen Stahlwerkes (Bolkowphosphat) bei gleicher Menge verwendeter Phosphorsäure den größten Düngerwert, dann folgten die rheinischen Thomasmehle, dann die aus den östlichen Provinzen Preußens, während die belgischen Produkte damals den geringsten Wert besaßen. Und zwar waren die Unterschiede sehr bedeutend, das Verhältnis von 1 : 2 übersteigend. Man erkennt, welche Ungerechtigkeit die adoptierte Beurteilungsweise in sich barg und auch jetzt, nachdem einige Unterschiede in der Fabrikation in Wegfall gekommen sind, noch in sich birgt, da die alten belgischen Thomasmehle doch ebenso gut phosphorsäurereich, fein gemahlen und echt sein können als andere und also die Kontrolle der Versuchsstationen ungestört passieren können. Sich aber die Provenienz aus verschiedenen Ländern garantieren zu lassen, ist praktisch kaum (nur etwa mit dem Plombierungssystem) ausführbar, ganz abgesehen davon, daß einzelne Fabriken nach abweichenden Methoden arbeiten und so, wenn auch häufig aus denselben Erzen wie die andern Stahlwerke des gleichen Landes, doch eine anderweitige Schlacke erzielen.

Die Aufgabe, die gestellt ist, besteht natürlich darin, ein Reagens ausfindig zu machen, welches direkt in einem jeden Produkte, das seinen Düngerwert einem Gehalte an in Wasser unlöslicher Phosphorsäure verdankt, den Gehalt an für die Pflanze verfügbaren Mengen dieses Bestandteils angiebt. Dieselbe ist natürlich nur zu lösen durch die Anstellung einer großen Reihe von Vegetationsversuchen mit verschiedenen Phosphaten, die zugleich mit den fraglichen Reagenzien behandelt werden müssen, und bis solche ausgedehnten Versuche die Kritik von Fachgenossen durchgemacht haben und die auf sie begründeten Methoden sich einer allgemeinen Anerkennung erfreuen, verläuft natürlich eine geraume Zeit. Erst schien als Reagens für eine solche Beurteilung 5prozentige Citronensäure, von welcher $^4/_5$ durch Ammoniak abgestumpft ist, bei erhöhter Temperatur und energischem Digerieren die meiste Aussicht auf Erfolg zu haben. Dann wurde diese in Deutschland etwas voreilig eingeführte Methode daselbst wieder verdrängt durch Arbeiten mit 2prozentiger freier*) Citronensäure, für welche durch P. Wagner in sehr umfassenden Versuchen eine sehr schöne Übereinstimmung mit den Ernteresultaten in Topfversuchen berechnet war, und die Düngerhändler garantieren in diesem Falle einen bestimmten Prozentsatz an solcher citrat- oder citronensäurelöslichen Phosphorsäure. In anderen Ländern hegte man jedoch, trotz dem Verlangen nach einem allgemeinen gerechten Maßstab nach dem Düngerwerte der Thomasphosphorsäure kritische Bedenken, so rasch neue und wieder neue Methoden sogleich in die Praxis der Düngerkontrolle einzuführen, namentlich, da inzwischen auch die öffentliche Meinung von der Zuverlässigkeit der Topfversuche**) in mancher Beziehung erschüttert war. Auch hatte man bisher keinen Grund, diese Zurückhaltung zu bereuen, da inzwischen auch

*) Citronensäure in gänzlich freiem Zustande zu verwenden, ward früher als bedenklich bezeichnet (da hierdurch zu viel Phosphorsäure in Freiheit gesetzt würde, die ihrerseits zu stark lösend wirkt), so gut dieselbe sich auch bewährt hatte, Thomasphosphat von einem anderen (thonerdehaltigen) Phosphat (dem Redondaphosphat) zu unterscheiden.

**) Siehe hierüber die 14. Vorl.

die Erfahrungen sich mehrten, welche mit den Wagnerschen Folgerungen in flagrantem Streite waren *).

Was die Verwendung des Thomasphosphats angeht, so können wir uns hier kurz fassen, da dieselbe aus bisher Gesagtem sich beinahe von selbst ableitet.

Das Thomasphosphat wird entsprechend seiner geringeren Löslichkeit im Gegensatz zu den Superphosphaten natürlich überall da gebraucht, wo diese Löslichkeit entweder nicht nötig oder gar unerwünscht ist. Also in Hinsicht auf den Charakter des Bodens mit Vorliebe auf den leichteren (thonarmen) Bodenarten, auf welchen die Gefahr besteht, daß lösliche Phosphorsäure auf Nimmerwiedersehen in den Untergrund versickert oder erst sehr langsam im Untergrunde etwa durch Eisenverbindungen, ferne von den Orten der eigentlichen Wurzelentwickelung, festgehalten wird, um so auch in trockeneren Zeiten (durch Kapillaraufsaugung) nicht mehr in den Obergrund zurückzugelangen. Man darf nicht außer Augen lassen, daß gerade dieses Umstandes wegen die lösliche Phosphorsäure noch in schwierigeren Verhältnissen sich befindet als selbst die Salpetersäure, die allerdings gar nicht absorbiert wird, aber gerade deshalb mit der kapillar-aufsteigenden Feuchtigkeit aus dem Untergrund gelegentlich nach dem Obergrunde zurückkehrt. Wenn man daher schon mit Salpeterdüngungen auf leichten Bodenarten hinsichtlich der Menge, die man auf einmal giebt, vorsichtig sein muß, so gilt dies mindestens in demselben Maße von den Superphosphatdüngungen, daher dann manchmal grobkörniges Superphosphat (im Gegensatz zu der gewöhnlichen Regel) empfehlenswerter ist als allzu feines. Für diese Verhältnisse ist nun das Thomasphosphat, das an und für sich nicht löslich ist, aber in Berührung mit der Pflanzenwurzel seine Phosphorsäure so leicht zur Verfügung stellt, ein ausgezeichnetes Auskunftsmittel. Dasselbe bleibt, soweit es nicht gleich gebraucht wird, lange im Boden in, soviel bekannt**), lange unveränderter chemischer Form liegen und steht noch Monate und Jahre später mit nahezu der ursprünglichen Löslichkeit den Pflanzen zur Verfügung.

Noch entschiedener ist das Thomasphosphat auf den eigentlichen sauren Böden an seinem Platze; nur daß hier zuweilen die Frage entstehen kann, inwieweit man es durch die noch viel schwieriger löslichen, aber billigen Mineralphosphate (Phosphoritpulver und dergl.) ersetzen kann. Auf solchen Böden wird seine Wirksamkeit noch erhöht durch seinen verhältnismäßig sehr hohen, den der Phosphorite im Verhältnis zur Phosphorsäure übersteigenden Kalkgehalt. Auf Wiesengelände, auf welchem man notgedrungen zur Kopfdüngung sich bequemen muß, sollte man allerdings denken, daß die Superphosphate wegen ihrer größeren Löslichkeit und daher Fähigkeit, bis zu den Graswurzeln vorzudringen, den Vorzug haben müßten; aber gerade auf solchen lehrt die Erfahrung, zumal wenn man die Anwendung frühzeitig (schon im Spätherbste) und zugleich mit einer Bearbeitung mit tiefeinschneidenden Eggen vornimmt, daß die Thomasphosphate vorzüglich wirken. Man muß also annehmen, daß das feine Pulver mit dem Regenwasser genug in den Grund gespült

*) Mag aber selbst die Wagnersche Methode ein besserer Maßstab sein als die Bestimmung der Totalphosphorsäure und der Feinheit, so liegt doch ein großer Übelstand in dem raschen Wechsel, da dadurch Mißgriffe wahrscheinlicher werden und außerdem das Renommée der Stationen leidet.

**) Siehe hierüber auch auf der folgenden Seite.

wird, um mit den rasch sich erneuernden Wurzeln der Gräser und der Wiesenleguminosen in Berührung zu kommen.

Sodann, was die verschiedenen Kulturzwecke angeht, ist das Thomasphosphat zumal dann zu gebrauchen, wenn der Pflanze eine längere Zeit zur Aufnahme der Phosphorsäure zur Verfügung steht und wenn sie wie die Leguminosen an sich mit einem starken Assimilationsvermögen für Phosphate, namentlich durch großen Gehalt der Wurzeln an Pflanzensäuren, ausgestattet ist. Für Sommergetreide und andere Kulturen, die kurz zu Felde stehen, werden daher häufig die Superphosphate einen Vorsprung haben, da manchmal bei Anwendung von Thomasmehl die Samenbildung, für welche zu einem ganz bestimmten und kurz bemessenen Zeitpunkte reichlich Phosphorsäure zur Verfügung stehen muß, etwas zu wünschen läßt.

Im übrigen ist die Verwendung des einen oder des anderen Düngemittels eine Geldfrage, und man wird im allgemeinen Thomasmehl an der Stelle von Superphosphat nur dann gerne gebrauchen, wenn darin das Kilo Phosphorsäure nicht mehr als ungefähr zwei Drittel von dem Preise der löslichen beträgt; denn dieses ist ungefähr*) das Wertverhältnis, welches sich im Durchschnitt bei vergleichenden Düngungen herausgestellt hat.

Ganz unersetzlich ist das Thomasmehl, wenn es sich darum handelt, im voraus auf viele Jahre einen Boden an Phosphorsäure zu bereichern, z. B. bei der Anlage von dauernden Luzernefeldern oder von Wein- und Obstbaumgärten, wo man später zu den unterirdischen Organen tiefwurzelnder Pflanzen nicht (auf schweren und kalkreichen Bodenarten auch nicht durch Düngungen mit Superphosphat) mehr durchdringen kann.

Endlich hätten wir an dieser Stelle noch zu reden von der seiner Zeit vielbesprochenen Nachwirkung von Thomasphosphat. Mehrmals wurde die Frage erörtert, ob Thomasphosphat längere Zeit im Boden liegend eine chemische Veränderung derart erleidet, daß ein Teil der anfangs aufnehmbaren Phosphorsäure, welche aber aus diesem oder jenem Grunde seitens der zunächst angebauten Pflanze nicht aufgenommen wurde, unwirksam wird. Wie man leicht erkennen wird, steht diese Frage in inniger Beziehung zu den auch von uns soeben noch adoptierten Ratschlägen einiger Agrikulturchemiker**), einen gewissen Überschuß an Phosphorsäure in der Form des genannten Düngemittels in den Boden zu bringen, wodurch man sich bei ungewöhnlich günstigen Witterungsverhältnissen einen hohen Ertrag sichere, während bei ungünstigen nur die unbedeutende Rente des für Ankauf des Phosphats verwendeten Kapitals verloren gehe. Diese Ratschläge wurden von anderer Seite bestritten, ja sogar als eine nur im Interesse der Düngerhändler liegende Reklame verdächtigt, indem man wahrscheinlich zu machen suchte, daß die Phosphate einer solchen Reservedüngung gar bald in unwirksame Modifikationen übergingen, in dieselbe Form, in welcher schon so viel Phosphorsäure im Boden vorhanden ist***); und wenn dieses wirklich der Fall sein sollte, so ist deutlich, daß dann nicht bloß die Rente,

---

*) Bei belgischen und anderen schwerlöslichen Thomasmehlen natürlich ein weiteres Verhältnis.

**) Namentlich P. Wagner: Die rationelle Düngung der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, 2. Aufl., 1891, p. 15.

***) Siehe Liebscher: Referate über Vorträge etc., Hannover 1892, p. 73.

sondern ein gutes Stück des Reservekapitals mit verloren sein würde. Man hat indessen auf Grund von dahin gerichteten Versuchen*) sowohl als von Erwägungen

---

*) Auch ein an der Versuchsstation zu Wageningen angestellter Versuch sollte einen Beitrag zur Lösung der so gestellten Fragen liefern. Derselbe wurde in sehr phosphorsäurearmem und eisenreichem diluvialen Sande gemacht, weil in solchem Boden die Wahrscheinlichkeit zu der fraglichen Umwandlung am größten und außerdem die Phosphorsäurebestimmung am leichtesten war. Je 2 kg solchen Sandes wurden im Frühjahr 1893 in gläserne Töpfe gefüllt, 2 g Thomasphosphat von bekannter Löslichkeit damit vermengt, mit 500 g Wasser befeuchtet, ein Topf gleich untersucht und die übrigen monatelang sich selbst überlassen. — Untersucht wurde, wieviel Phosphorsäure gleich oder später in 5prozentiger Citronensäure aus der Erde gelöst werden konnte, und dabei wurden vergleichungsweise die nachstehenden Resultate erhalten:

	Im ungedüngten	In mit 2 g Thomasphosphat gedüngtem Sande			
Phosphorsäure	Sande	nach 0,	nach 4,	nach 8,	nach 17 Monaten
gefunden	0,05 g	0,32 g	0,28 g (hierbei kleiner Verlust)	0,30 g	0,32 g,

während die direkte Bestimmung der in 5prozentiger Citronensäure löslichen Phosphorsäure 0,31 g gegeben hatte. Aus diesem Versuche geht also hervor, daß es schwierig ist, die ganze Menge Phosphorsäure aus Phosphat, welches mit der 1000fachen Quantität Erde vermischt ist, wiederzugewinnen, aber daß kein Anzeichen vorhanden ist, als ob die chemische Form des Phosphats in 1½ Jahren sich wesentlich geändert hätte. Die Schlußfolgerung, zu welcher man auf Grund des Versuches kommt, wird neuerdings bestätigt durch Märcker (Bericht, Versuchsstation Halle, 1893, p. 10), welcher in jahrelang fortgesetzten Topfversuchen die allerstärkste Nachwirkung von Tomasphosphat konstatierte, viel stärker als bei Superphosphaten, die gerade ihrer Leichtlöslichkeit wegen zu einer baldigen Veränderung ihrer chemischen Struktur wie des Platzes im Boden neigen. Die Abneigung, welche sich hie und da gegen Thomasphosphat geltend macht, beruht nun auch keineswegs auf der Erfahrung, daß die Nachwirkung dieses Phosphats besonders gering sei, sondern vielmehr darauf, daß man bei wiederholten Düngungen mit Thomasphosphat manchmal einen stets kleiner werdenden Erfolg beobachtete, welches Resultat dann mit ganz richtigen Erfahrungen über geringe Nachwirkungen von Superphosphat kombiniert und verwechselt wurde. Wenn nun Thomasphosphat z. B. auf Weideland nicht mehr wirken will, wo es früher gewirkt hat — eine Thatsache, die ja gar nichts mit der Nachwirkung zu thun hat —, so kann die Ursache hiervon sein, erstens daß bei der großen Nachfrage nach diesem Düngemittel nach und nach schlechtere Sorten oder gar verfälschte Thomasmehle in den Handel gebracht worden sind, worüber selbst die Kontrolle seitens der Versuchsstationen, die überdies manchmal versäumt sein mag, nur einen unvollständigen Aufschluß giebt. — Zweitens und hauptsächlich wird aber bei der Thomasphosphatdüngung meinen Erfahrungen zufolge viel zu viel auf den Kalkgehalt dieses Düngemittels gerechnet, welcher allerdings erheblich größer ist als der Phosphorsäuregehalt. Man vergißt hierbei nicht allein, daß auch der Gehalt der Weidegräser, aber namentlich derjenige der Kleearten, die sich unmittelbar nach der Düngung einzustellen pflegen, auch viel größer ist als deren Gehalt an Phosphorsäure (im Rotklee ist dieser Gehalt beinahe der vierfache), sondern hauptsächlich, daß jeder Boden fortwährend weit über das Maß des Bedürfnisses der Pflanzen hinaus Kalk durch Ausspülung in den Untergrund verliert (vergl. Stoklasa: Landw. Versuchsst., 40, p. 163) und daß dieser Verlust besonders bei gleichzeitiger Kainitdüngung (infolge der Umsetzung des kohlensauren Kalkes und Kalksilikaten mit den Kalisalzen) sehr große Dimensionen annehmen kann. — Daher thut sehr häufig neben Thomasphosphatmehl und Kainit trotz des hohen Kalkltes des ersteren eine direkte Kalkdüngung (siehe den in der 14. Vorlesung angeführten

alle Ursache, die Frage nach einer etwaigen nachteiligen Veränderung des Thomasphosphats im Boden im verneinenden Sinne zu beantworten. Am schlagendsten ist in dieser Richtung wohl der Wagnersche Düngungsversuch mit Thomasphosphat auf Wiesenland, wobei die Nachwirkung im fünften Jahre am stärksten und noch im neunten Jahre merklich war*).

Es kann natürlich nicht wunder nehmen, daß die günstigen Erfolge des anfangs so über die Achseln angesehenen Thomasphosphates der Ausgangspunkt werden mußten für die absichtliche Herstellung solcher geeigneten Verbindungsformen aus phosphorsäurereichen, aber trotzdem wenig wirksamen Phosphoriten. Ein Produkt, welches diesem Streben sein Entstehen zu danken hat, ist das neuerdings in Schweden aus Apatiten bereitete *Wiborgh*phosphat**). Dasselbe wird fabriziert durch Zusammenschmelzen des Apatits mit Alkalisilikat oder den Rohstoffen des letzteren (Alkalisulfat, Sand und Kreide) in einem Siemensofen und besitzt in der That eine hohe Citratlöslichkeit. Ob aber bei diesem im übrigen sehr rationellen Prozeß die Kosten sich durch den Wert des Produkts bezahlt machen, müssen erst Fabrikationen im großen und Düngungsversuche lehren.

Über die weiteren Anwendungsarten der spezifischen Phosphordünger machen wir hier keine Mitteilungen, weil wir später***) die Frage der Anwendung der verschiedenen Düngerarten ganz allgemein zu behandeln gedenken. Nur was die Unterbringung angeht, so sei nochmals hervorgehoben, daß man selbst die sehr löslichen Superphosphate lieber bis zur Tiefe der Entwickelung der Pflanzenwurzel unterpflügt (und nur, wo notgedrungen eine Kopfdüngung angewendet werden muß, dies natürlich unterläßt), da die Verbreitung der Phosphorsäure auch in diesem Zustande, wie schon früher angedeutet, sich nur auf verhältnismäßig kleine Abstände erstreckt.

Düngungsversuch) einen ganz außerordentlichen Effekt und kann ich mir denken, daß, wenn man auf kalkarmem Boden diese Beifügung unterläßt, nach einigen Jahren ein solcher Kalkhunger eintritt, daß Thomasphosphat, wovon der Kalk sich nicht sofort über den ganzen Boden verteilt, denselben allein nicht mehr zu stillen vermag. — Ungünstige Berichte über die weniger gute Wirkung des Thomasphosphates auf die Qualität des Grases sind seither mehr und mehr verstummt. Ja im Gegenteil, man will nun beobachtet haben, daß die sonst den Kühen gefährlichen Schachtelhalme infolge der Düngung mit Thomasphosphat und Kainit, so weit sie nicht verschwunden sind, in ein nahrhaftes Futter sich verändert haben.

*) Düngungsfragen, IV, 1900, p. 58.

**) Knop: Zeitschrift für angewandte Chemie, 1899, p. 66.

***) Siehe 16. Vorlesung.

Zehnte Vorlesung.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. — Die stickstoffhaltigen Spezialdünger.

Neben den in der vorigen Vorlesung abgehandelten phosphorsäurereichen Spezialdüngemitteln haben wir nun heute — wenn wir wie immer diejenigen Pflanzennahrungsstoffe als Klassifizierungsprinzip benutzen, welche durch das große Verhältnis, in dem sie von den Pflanzen aufgenommen, durch das kleine, in dem sie in verfügbarer Form im Boden vorhanden sind, als besonders wichtig erscheinen — zunächst die *stickstoffreichen Spezialdüngemittel* zu unterscheiden und zu behandeln. Auch für diese ist eine scharfe Grenze nach organischem oder mineralischem Ursprung kaum zu ziehen, auch für diese läßt sich, wenn sie ihrer Zusammensetzung nach mehr in die letztere Kategorie gehören, häufig ein indirekter Ursprung aus Organismen ableiten.

Um einzusehen, daß sich dies nicht anders verhalten kann, muß man sich an gewisse Betrachtungen erinnern, welche wir im ersten Teile dieser Vorlesungen*) über die Bedingungen des Entstehens und der Ansammlung des gebundenen Stickstoffs angestellt haben. Nur der gebundene Stickstoff erwies sich, allgemein gesprochen und von der Ausnahme bei den Leguminosen abgesehen, als Pflanzennahrung; durch die Assimilation desselben durch die Pflanzenwelt war die erste Bedingung zu dessen Ansammlung, zur Aufsammlung stickstoffhaltiger Nahrung für eine neue Vegetation gegeben; ohne dieselbe reichten die natürlichen Prozesse der Entstehung von gebundenem Stickstoff nicht aus, um an irgend einem Orte Stickstoffverbindungen in erheblichen Mengen anzuhäufen. Wenigstens sind solche Vorgänge außerordentlich selten. Zu erinnern wäre nur etwa an die Salmiakansammlungen in der Nähe von Vulkanen, eine Erscheinung, welche aus der Anziehung atmosphärischen Ammoniaks durch die von jenen exhalierte und dann in Bimsstein-ähnlichem porösem Gesteine kondensierte Salzsäure erklärt wird, oder an die ähnlichen Funktionen des Schwefels und Arsens in den Solfataren**).

Die spezifischen Stickstoffdüngemittel sind *salpetersaure Salze und Ammoniakverbindungen,* oder Substanzen, die neben sonst gleichgültigen Stoffen diese in erheblicher Menge enthalten.

Von *salpetersauren Salzen* kommt allein das *salpetersaure Natron,* der sogenannte *Chilisalpeter,* in sehr großen baufähigen Lagern in der Natur vor. Die

*) Die 13. Vorlesung.

**) De Luca: Compt. rend., T. 80, p. 674. Das so entstandene natürliche Ammoniumat heißt „Mascagnin".

natürlichen Lager oder bloße Bildungsstätten*) von Kalisalpeter kommen dagegen für die Gewinnung von Düngestoffen kaum in Betracht.

Wer mit der Entstehungsweise und der Fabrikationsmethode des letztern nur einigermaßen vertraut ist, der kann sich schon von vornherein die Frage beantworten, warum dieser keine große Rolle als praktisches Düngemittel spielen kann. Man würde freilich durch den Kalisalpeter zwei Pflanzennährstoffe auf einmal dem Boden zuführen, und seine Verwendung bei Vegetationsversuchen oder bei der Blumenzucht zeigt dessen große Wirksamkeit; allein es ist daran zu erinnern, daß dieser Salpeter auch, soweit er eben nicht aus dem weit billigeren Natronsalpeter durch Wechselzersetzung mit einem Kalisalz dargestellt wird, auf eine Weise gewonnen wird, aus welcher direkt gefolgert werden kann, daß eine Anwendung desselben in der Landwirtschaft nicht lohnend sein wird. Man läßt oder ließ nämlich bei der nun beinahe verschwundenen Fabrikation in den Salpeterplantagen die salpetersauren Salze aus Basen und stickstoffhaltigen verwesenden Stoffen entstehen, in ganz ähnlicher Weise, wie diese Stoffe auch auf unsern Feldern, ehe sie in die Pflanze übergehen, diese endgültige Form annehmen. So produzierten Salpeter zur Düngung in der Landwirtschaft verwenden, hieße also den schon vorhandenen gebundenen Stickstoff in einer sehr reinen Form mühsam aus dem Boden gewinnen, um ihn dann wieder dem Boden einzuverleiben. Dies kann unmöglich eine vorteilhafte Operation sein, denn weit einfacher wäre es ja, die betreffenden stickstoffhaltigen verwesenden Stoffe selber als Dünger zu benutzen, für deren Übergang in Salpetersäure man ja dann keine weitere Sorge zu tragen brauchte, und wobei man die ganzen Darstellungskosten des Salpeters sparen würde.

Das Gleiche gilt für die in neuerer Zeit übliche Darstellung des Kalisalpeters aus Natronsalpeter und Chlorkalium (Konversionssalpeter). Die beiden letzteren Salze sind wirksame Düngemittel. Warum also, wo man neben Kali Stickstoff geben will, nicht beide nebeneinander anwenden und erst mit Kosten ein Salz darstellen, das beide vereinigt, zudem die Unterbringungsregeln für Kalisalze und Salpeter verschieden sind?

Ganz ähnliche Gesichtspunkte wie für die Unrentabilität des Kalisalpeters gelten auch, wie ich beiläufig erwähnen will, für die Fabrikation von *phosphorsaurem Ammoniak* und *Kali* sowie von *salpetersaurem Ammoniak*, in welchen allen man eine große Konzentration von Nährstoffen haben würde, aber auch hohe Darstellungskosten, woraus folgt, daß derartige Präparate vorläufig nur für Liebhaberzwecke oder (wegen Ersparung eines großen Teils der dafür nötigen Kosten) für Transport nach fernen Gegenden geeignet sind.

Aus diesen Gesichtspunkten ergiebt sich, daß der Kalisalpeter, [illegible] selbstverständlich ein vortreffliches Düngemittel**), [illegible]

---

*) Solche Bildungsstätten finden [illegible] zurückbleibende faulende Stoffe [illegible] unter ähnlichen Umständen, aber immer [illegible] „bengalische“ Salpeter [illegible] mit dem kohlensauren Kali der Holzasche [illegible]

**) Warum [illegible] Centralbl. 1896, p. 674 [illegible]

Bedeutung als solches gewinnen kann. Will man neben Stickstoff auch Kali der Pflanze zuführen und stehen dafür keine natürlichen Düngemittel zu Gebote, so würde man, wie gesagt, zweckmäßiger neben dem kalifreien Chilisalpeter einen spezifischen Kalidünger verwenden. Nur für Zwecke, wobei auf die Kosten der Düngemittel gegenüber dem hohen Preise des Produkts kaum geachtet wird, z. B. für die Kultur von Blumenzwiebeln, hört man von (in diesem Falle auch ökonomisch) befriedigenden Resultaten bei der Anwendung von Kalisalpeter. Auch für die künstliche Düngung von Tabak, wobei wir Kali verwenden, aber Chloride gerne vermeiden, verdient dieses Düngemittel zuweilen in Erwägung gezogen zu werden.

Auch der natürliche Kalisalpeter aus Bengalen hat nur in Indien eine beschränkte Bedeutung als Düngemittel. Der meiste dient zur Pulver- und Feuerwerkfabrikation. Außerdem ist die Produktion gering und geht immer mehr und mehr zurück*).

Ganz anders steht es von eben demselben Gesichtspunkte aus mit dem *Natronsalpeter.* Wir finden ihn in großen 1—2 Meter mächtigen Lagen fertig in der Natur vor, gleichsam des Abbaus harrend, an Orten, wo er nicht zur Pflanzenproduktion dienen kann. In regenlosen und daher wüsten Landschaften im südlichen *Peru,* von *Chili***) infolge des Salpeterkrieges (1880) annektiert, in der Provinz Tarapaca zwischen dem 18. und 27. Breitegrade treffen wir diesen Körper über die Gebirgsgegenden verbreitet 60—70 Kilometer von der Küste und beinahe***) zu Tage liegend. Auch in Oberägypten und anderen Teilen Afrikas†) scheinen in kleinerem Maßstabe ganz neuerdings ähnliche Vorkommnisse konstatiert zu sein, und dieselben sind im Südwesten dieses Kontinents unter dem Namen Klipzweet bekannt.

Gemäß den früher geltend gemachten und vorhin wieder rekapitulierten Anschauungen über die Ansammlung des gebundenen Stickstoffs muß man sich der Ansicht zuneigen, daß auch zur Ansammlung desselben in diesem Falle Organismen mitgewirkt haben müssen, und in der That sind von seiten der Geologen mehrere derartige Hypothesen aufgestellt worden. Man hat u. a. die Meinung ausgesprochen, und diese zählt wohl zurzeit die meisten Anhänger, der natürliche Natronsalpeter habe an den genannten Küstenstrichen seine Entstehung dadurch genommen, daß große Massen von Meeresalgen††), welche ja bekanntlich sehr ausgedehnte Strecken des Ozeans zu wahren grünen Wiesen, sogenannten Sargassoseen, machen, durch große Sturmfluten in früherer Zeit auf das Land geschleudert worden seien, und daß daselbst sich aus dem Stickstoff der verwesenden Algen und aus dem Natron des Seesalzes jener Salpeter gebildet haben möchte†††). Die hohe Lagerung

---

*) 1/5 Million Tonnen. Vergl. Lierke: *Statistik des Kaliverbrauchs:* Landw. Presse 1890.

**) Nach Chili ist er ursprünglich nur genannt worden, weil von dort aus zuerst die Ausfuhr begann. Siehe Polakowsky: Der Chilisalpeter, 1895.

***) Details über das Vorkommen bei Wagner: Lehrb. d. Düngerfabrikation, 1878, p. 69, und Neumayr: Erdgeschichte, II, p. 845.

†) Journ. f. Landw., 1897, p. 263.

††) Es kommen recente Seemuscheln in den unterliegenden Schichten vor. Vergl. Neumayr, a. a. O.

†††) Vergl. Noellner 1868: Journ. f. pr. Chem., B. 102, p. 459. Aber auch die neue kritische Studie: Plagemann: Geologisches über Salpeterbildung, Hamb. 1896.

des Salpeters im Gebirge von über 1000 m ist bei den vielfachen geologischen Umgestaltungen unserer Erdoberfläche für diese Erklärungsweise keine unüberwindliche Schwierigkeit, und der noch zu besprechende Jodgehalt des Salpeters stützt dieselben in hohem Grade, da auch die Algen stets jodhaltig sind.

Von anderer Seite*) hat man die Beteiligung von Guanolagern an der Entstehung des Chilisalpeters plausibel zu machen gesucht, wie man denn nach einigen Angaben in der That Reste von Guano in den den Salpeter überdeckenden Bodenschichten häufig antrifft, auch die noch bleibenden Schwierigkeiten durch die Annahme des Einwehens staubförmigen Guanos (in Nachfolge der Richthofenschen Lößtheorie) zu beseitigen gesucht. — Bei Akzeptierung dieser letzteren Hypothesen scheint zwar schwierig einzusehen, was aus dem Phosphor des Guanos geworden ist, denn die Analysen des unverarbeiteten Chilisalpeters weisen bekanntlich keine Phosphorsäure nach. Indessen, wenn man die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse und dazu die Eigenschaft des Salpeters, in kapillaren Hohlräumen sich als konzentrierte Lösung mit besonderer Raschheit fortzubewegen, berücksichtigt, so ist auch diese Schwierigkeit nicht unüberwindlich.

Nachdem in neuerer Zeit der französische Agrikulturchemiker A. Müntz**) sich eingehend mit dem Gegenstande beschäftigt hat, darf auf Grund seiner Untersuchungen wohl die folgende Vorstellungsweise sehr plausibel genannt werden. Organische Stoffe von unbestimmter Herkunft, Meeres-Tange oder Guano, unterliegen dem gewöhnlichen Nitrifikationsprozesse — etwa wie derselbe in den Salpeterplantagen künstlich eingeleitet wird. Das Resultat dieses Prozesses ist Kalknitrat. Dies Kalknitrat setzt sich infolge der Berührung mit Seewasser oder dem Wasser kleiner Salzseen schon während des Entstehens um in Natronsalpeter und Chlorcalcium, resp., insoweit Natriumsulfat in Betracht kommt, in Gips, von welchen das erstere infolge seiner größeren Auslaugungsfähigkeit in den Untergrund verschwindet, der letztere aber in der Umgebung der Salpeterlager thatsächlich reichlich vorhanden ist.

Daß die Nitrifikation auch bei Anwesenheit eines Übermaßes von Kochsalz (wie merkwürdigerweise auch von Nitraten selber) weitergeht, wurde von dem genannten Forscher experimentell erwiesen, und ebenso, daß aus einem Gemisch von Kalknitrat und Kochsalz Natronsalpeter leicht auskrystallisiert.

Nicht ganz verwerflich scheint auch die Annahme, daß man erst durch die Wechselwirkung von Kochsalz und kohlensaurem Kalke (unter Mitwirkung eines Übermaßes von Kohlensäure) Soda entstehen läßt***), wozu das vielfache Vorkommen

*) Vergl. Thiercelin: Ann. d. Chem. et Phys., T. 13, p. 160. Neuerdings werden sogar die Auswürfe der Llamas, welche letzteren allerdings die Gewohnheit haben, ihren Bedürfnissen nur auf bestimmten Plätzen nachzukommen, für den Ausgangspunkt der Bildung von $NaNO_3$ in Anspruch genommen. Doch ist der Gedanke hieran wohl nicht ernst zu nehmen.

**) Annal. chim. phys. (6. serie) XI, p. 111.

***) Zwingend ist bei der Müntzschen Argumentation nur, daß schon während der Nitrifikation die Bestandteile des Seewassers zugegen waren, und zwar wegen des Vorkommens von jod- und bromsauren Salzen im Salpeter, deren Ursprung in jenen gesucht werden muß. Bei der Annahme der Tangtheorie als Quelle für den Stickstoff ist dagegen das Jod und Brom mit dem Rohmateriale schon gegeben. Aber auch, wenn man an dem seesalzärmeren

dieses Salzes in allen regenarmen Ländern ein gutes Beispiel liefert. Dann läßt man die Soda wie in den gewöhnlichen Alkaliböden effloreszieren und mit stickstoffhaltigen Stoffen in Berührung kommen und wieder mit Hülfe von den Nitrifikationsorganismen Natronnitrat entstehen. Mehr als sich eine Vorstellung davon verschaffen, wie der Prozeß etwa zu stande gekommen sein könnte, ist bei diesen wie bei vielen anderen geologischen Prozessen zurzeit nicht möglich.

Der Chilisalpeter, wie er in den Handel gelangt, ist schon das Produkt einer rohen Reinigung und von den fremden Beimischungen ziemlich befreit. Die Salpetererde, Caliche genannt, wird ausgelaugt, und aus der Lauge krystallisiert nach dem Eindampfen der rohe Salpeter. Derselbe hat, wenn nicht verfälscht, einen Gehalt von 89—99 %, im Mittel 95 % salpetersaurem Natron, entsprechend 14—16 % Stickstoff. Der Preis ist gegenwärtig ein solcher, daß er die allgemeine Anwendung dieses Spezialdüngemittels gestattet; ja sein Preis regiert bis zu einem gewissen Grade den Preis der anderen Stickstoffdünger.

Nähere Angaben über die Gewinnung des Salpeters findet man in dem von dem Syndikate der Produzenten verbreiteten Werke, Weitz: Vorkommen und Gewinnung des Chilisalpeters*), in welchem alle Manipulationen durch gute photographische Abbildungen erläutert sind. Ich entnehme demselben zur Ergänzung des schon Mitgeteilten folgendes:

Die Salpetererde enthält, soweit sie für abbauwürdig gilt, 17—50 % Salpeter, die erdartig gefärbten Sorten daneben viele erdigen Bestandteile; die reinsten, weißen Sorten Kochsalz, Sulfate auch von alkalischen Erden und etwas jodsaures Salz.

Die Salpetererde ruht in der Natur auf einer Thonschicht und diese auf Urgestein, während sie ihrerseits wieder gedeckt wird durch Gips oder Gipsanhydrithaltigen Sand und darunter einen Konglomerat von Gesteinstrümmern, Thon und Sulfaten von Alkalien und alkalischen Erden.

Das topographische Vorkommen der Salpetererde ist in den Thalmulden an den Abhängen der Hügel ansteigend, während die tiefergelegenen Thäler Seesalzlager enthalten.

Als Durchschnittsanalyse des Handelssalpeters wird

95,0 %	salpetersaures Natron,
2,0 „	Kochsalz,
0,6 „	Sulfate,
0,1 „	Unlösliches,
2,3 „	Feuchtigkeit

angegeben.

Eine Zeit lang wurde von denselben Lagern aus ein kalihaltiger Chilisalpeter mit etwa 6 % Kali und darüber in den Handel gebracht; aber dessen Vorkommen scheint nicht allgemein genug gewesen zu sein, um einen regelmäßigen Export zu

---

Guano als organische Grundlage festhält, dürfte die im Texte angedeutete Sodahypothese noch nicht so ganz von der Hand zu weisen sein, da Umsetzung von Calciumkarbonat mit Kochsalz zu Soda als geologischer Prozeß in allen regenarmen Ländern bekannt genug ist, und die dann der Nitrifikation unterliegende Soda doch auch infolge ihres Ursprungs aus dem Kochsalz des Meeres die Haloïde Jod und Brom mit sich führen kann.

*) Berlin-Charlottenburg 1900.

versichern. Im Gegenteil ist der kalihaltige Chilisalpeter (ob ganz mit Recht?) im Handel weniger geschätzt, da er (des höheren Äquivalentgewichts des Kalis wegen) stickstoffärmer ist und das Produkt nach seinem Gehalte an Salpetersäure bezahlt wird.



Fig. 1.
In der Mitte eine normale Roggenpflanze; die übrigen erkrankten nach Perchloratdüngung. Nach Sjollema.

Auf einen giftigen Bestandteil des Chilisalpeters ist man neuerdings durch eine Entdeckung des holländischen Agrikulturchemikers Sjollema aufmerksam geworden. Es zeigte sich, daß manche Partien des fraglichen Düngemittels ansehnliche Mengen,

bis zu 7 %, Perchlorat (vermutlich Kaliumperchlorat) enthalten (leicht festzustellen durch die Differenz des mit Silber titrierbaren Chlors vor und nach dem Glühen des Salpeters) und daß schon Gehalte von 1 % auf manche Gewächse nachteilig wirken können. Vergl. die Figur 1 auf der vorigen Seite.

Am meisten hat man die unliebsame Beobachtung bei Roggen auf Moorboden *) gemacht, da diese Pflanze stark gedüngt wird und die Humussäuren die giftige Überchlorsäure in Freiheit setzen.

Obgleich nun dieser unliebsame Bestandteil leicht zu finden ist, am besten wohl durch den mikroskopischen Nachweis des schwer löslichen Rubidiumsalzes, dessen charakteristische Krystalle sich durch das isomorphe Kaliumpermanganat schön rot färben lassen **), so ist die Abwehr der Vergiftung auf diesem Wege doch ziemlich illusorisch, da die Beimischung äußerst launenhaft in einzelnen Teilen einer größeren Partie enthalten ist. Es ist daher immer einige Vorsicht im Gebrauch des Salpeters namentlich beim Roggen anzuempfehlen.

Wie das Perchlorat in den Salpeter gelangt, ist noch nicht ganz deutlich. Doch ist daran zu erinnern, daß Müntz nachgewiesen hat, daß die Salpeterorganismen Jodmetalle und Brommetalle zu Jodaten und Bromaten zu oxydieren vermögen. Bei Chlormetallen hat die analoge Reaktion wegen der abweichenden thermochemischen Verhältnisse, die dem Bestande der Chlorate nicht günstig sind, seine Schwierigkeiten. Aber gerade aus diesem Grunde dürfte ein Entstehen der beständigen Perchlorate, von denen das Kalisalz zudem sehr schwer löslich ist, als analoges Oxydationsprodukt oder indirekt aus Jodaten entstehend, ins Auge zu fassen sein.

Über die Anwendung dieses Düngemittels versteht sich nach seiner Eigenschaft der unbeschränkten Löslichkeit von selbst, daß man es nicht im Herbst ausstreuen soll ***), wenn bis zum Frühling gewartet werden kann, überhaupt kurz vor der Aussaat der zu ernährenden Pflanze (für Wintergetreide kann eine kleine Menge im Herbst gegeben werden) und zweckmäßig in verschiedenen kleineren Portionen. Ganz zweckmäßig kann die Verwendung als Kopfdüngung stattfinden: ja, der Salpeter ist eigentlich das einzige künstliche Düngemittel, welches eine Verwendung als solche unbedingt zuläßt; aber auch bei ihm greift man besser nur zu dieser Verwendungsart, wenn ein Unterbringen nicht mehr möglich ist. Man wähle trockenes Wetter

---

*) Mitt. des Vereins z. Förd. d. Moorkultur, 1899, Nr. 12.

**) Der Urheber dieser Reaktion ist der Mineraloge H. Behrend in Delft, der ein ganzes Werk über ähnliche Reaktionen hat erscheinen lassen: Anleit. z. mikrochem. Analyse, Hamburg 1895. Will man Bruchteile von Prozenten auf diese Weise finden, so muß man den Salpeter in seinem gleichen Gewicht heißem Wasser lösen, das 5fache Volum (vom Wasser) Spiritus zusetzen, zum Kochen erhitzen, dann ein paar Stunden abkühlen lassen. Die helle alkoholische Lösung wird dann abgegossen und auf dem Wasserbade eingedampft. Der Rückstand wird in möglichst wenig Wasser aufgenommen, dann Chlorrubidium zugefügt und ein wenig Chamaeleonlösung, um die unter dem Mikroskop zu suchenden Rubidiumperchloratkrystalle rosenrot zu färben. Die Krystalle sind rhombisch (140: 1).

***) Man hat früher übrigens die Gefahren der Auswaschung sehr übertrieben. Allerdings wird von Nitraten nichts absorbiert; aber durch die Pflanzen, welche sich nach Düngung besonders üppig entwickeln, wird ja auch Wasser verbraucht, so daß die Ausspülung nur auf brachliegendem Lande große Dimensionen annimmt.

für eine eventuelle Kopfdüngung, wegen der Beschädigung der Blätter, da, wenn sie feucht sind, der Salpeter an ihnen hängen bleibt. — Man achte weiter auf Feinkörnigkeit des gelieferten Salzes*).

Ferner kann gesagt werden, daß man den Chilisalpeter beinahe niemals als ausschließlichen Dünger benutzen darf, sondern in der Regel mit Phosphorsäure zusammen; für sich allein nur etwa wie die Jauche, um einer zurückgebliebenen Saat, zumal ausgewintertem Getreide, nachzuhelfen, oder um das Wachstum einer Pflanze zu beschleunigen.

Daß man mit Salpeterdüngung wie überhaupt mit jeder Stickstoffdüngung etwas ängstlicher bezüglich der Rentabilität sein muß und dieselbe daher in der mehr extensiven Landwirtschaft gerne vermeidet, ergiebt sich aus einem zuerst durch P. Wagner in die Düngerlehre eingeführten Gesichtspunkt, welcher aus dem folgenden zur Genüge erhellen wird. Jeder Pflanzennährstoff wird nur dann einen Mehrertrag geben können, wenn er in disponibler Form im Boden in nicht zu geringer Menge für die betreffende Kultur anwesend ist, und der durch denselben bewirkte Mehrertrag wird, soweit die Pflanze sich desselben bemächtigen konnte, proportional dem in nicht zu großen Mengen verabreichten Bestandteil sein, so daß z. B., wenn eine normale Getreideernte ein Prozent Phosphorsäure einschließt, unter den günstigsten Umständen mit einem Kilogramm disponibler Phosphorsäure hundert Kilogramm Getreide erzeugt werden können. Im allgemeinen ist nun dieses Verhältnis für die Aschenbestandteile, wie dieselben nun auch heißen mögen, ein sehr weites — entsprechend dem geringen Gehalte der Pflanzen an Asche —, von denen doch ein jeder unumgänglich notwendig ist. Da zudem die Aschenbestandteile wirtschaftlich leicht zu beschaffen und daher nicht sehr teuer sind — die verhältnismäßig teuere Phosphorsäure kostet nicht mehr als 1/3 Mark pro Kilogramm —, so leuchtet ein, daß ein so kolossaler Mehrertrag sich immer bezahlt macht und daher bei der Düngung gewöhnlich überhaupt nur in Frage kommt, ob ein entsprechender Mehrertrag zu erzielen ist.

Dies ist anders mit dem Stickstoff, welcher als Salpeter und auch in jeder anderen Form teuer ist (gegenwärtig über 1 Mark pro Kilogramm und früher noch teuerer) und aus welchem sich in der Pflanze, auch wenn nichts im Boden ausgespült oder sonst für die Produktion verloren wird, sich nur etwa die sechsfache Menge von Eiweißstoffen erzeugt, so daß sich die Erzeugungskosten von etwa 6 Kilogramm von diesen Stoffen durch Stickstoffdüngung auf reichlich 1 Mark beziffern. Dies mag nun für Eiweiß in der Form von Körnern und anderen zur menschlichen Ernährung dienenden Produkten, selbst bei den jetzigen unerhört niedrigen Preisen derselben, noch ein sehr billiger Preis sein; bei der Erzeugung von Heu und anderem Viehfutter sind diese Kosten sehr erheblich im Verhältnis zum Preise der Produkte, namentlich in guten Futterjahren und bei der Heranziehung von Leguminosen, die ja auch unter den Wiesengewächsen eine große Rolle spielen, zur Eiweißproduktion. So entsteht hier bei etwas verschwenderischer Anwendung der Stickstoffdüngung zum erstenmal die Frage, ob die Mehrproduktion die Düngungskosten aufwiegt.

*) Auch darauf, daß das Vieh nicht in die Gelegenheit kommt, an dem Salpeter zu lecken. Es sind schon Vergiftungsfälle vorgekommen.

Aus demselben Gesichtspunkt ergiebt sich die Richtigkeit der zuerst so barock scheinenden Lehre von der rentableren Anwendung der Stickstoffdüngung zu Zuckerrüben und Kartoffeln und anderen stickstoffarmen Gewächsen, weil bei diesen mit dem Mehrertrag an Eiweißstoffen ein sehr stattlicher Mehrertrag an Kohlehydraten aus atmosphärischen Nährstoffen kostenfrei nebenherläuft.

Dieser sehr beachtenswerte Gesichtspunkt, welcher in seiner Blütezeit wohl dazu verleitete, Stickstoffdüngungen auf Grasland*) zu widerraten, hat sich übrigens nachträglich als sehr übertrieben herausgestellt, indem es sich bei Düngungsversuchen mit Chilisalpeter ergab, daß sehr häufig eine Wirkung über das Maß des zugeführten Stickstoffs hinaus, ja sogar, was man früher bei diesen „ausraubenden" Düngersorten für unmöglich erachtet hätte, eine ganz bedeutende Nachwirkung stattfindet**). Diese unerwartete Nachwirkung wird noch in dieser Vorlesung erklärt werden. — Selbstverständlich ist dann auch beim Gebrauch des Salpeters wie des nachher zu besprechenden Ammoniaks der Reichtum eines Bodens an verfügbarem Stickstoff in acht zu nehmen***).

Um noch eine ganz spezifische Anwendung zu erwähnen, so ist in Übereinstimmung mit der eben gemachten allgemeinen Bemerkung mitzuteilen, daß man neuerdings Zuckerrüben ohne Schaden für den Zuckergehalt mit recht großen Mengen von Chilisalpeter düngt, aber nur bei gleichzeitiger Verwendung von entsprechenden Dosen von Phosphorsäure. Der letztere Zusatz geschieht gerade in Berücksichtigung der Qualität der Ernte, weil man bemerkt hat, daß viel Stickstoff die Ernte vermehrt, aber die Reife verzögert†), während die Phosphorsäure und auch andere Aschenbestandteile gerade die Ausreifung von Körnern sowohl als Wurzeln begünstigen. Dazu kommt dann wieder die verhältnismäßig große Billigkeit der Aschenbestandteile, mit denen man auch aus diesem Grunde nicht ängstlich zu sparen braucht.

Genauer dargelegt verhält sich die zuletzt berührte Sache so. Bei der natürlichen Pflanzenernährung, wo durch verwesende organische Stoffe täglich eine kleine Menge Stickstoff disponibel wird, reichen die Aschenbestandteile leichter aus für den durch den Stickstoff beherrschten täglichen Zuwachs. Wird nun aber durch Düngung mit Salpeter auf einmal eine große Menge von Stickstoff zur Verfügung gestellt, so bekommt dadurch die Produktion einen gewaltigen Anstoß; die Wurzeln der Rüben schwellen gewaltig, die Bestockung des Getreides wird überreichlich und nun fehlt

*) In Bezug auf Wiesendüngung finde ich auch besonders interessant die Resultate der vieljährigen Versuche zu Rothamsted, wonach nach stickstoffreicher Düngung die echten Gräser alle andern Pflanzen verdrängen, nach einer bloßen Düngung mit Aschenbestandteilen ein Maximum von beinahe einem Viertel des Ganzen an Leguminosen erscheint, während ohne alle Düngung die unkrautartigen Pflanzen relativ in den Vordergrund sich drängen.

**) Vergl. die Broschüre: Adolf Mayer: Over de beteekenis der Chilisalpeter in Nederland, Wageningen 1900.

***) Vergl. hierüber Thoms: Die Bedeutung des Chilisalpeters f. d. Landwirtschaft, 1899. Daselbst auch Angaben über Verbrauch.

†) Dieser Gesichtspunkt am durchsichtigsten besprochen von P. Wagner: Die Steigerung der Bodenerträge durch Stickstoffdüngung, 1887, p. 53 u. f.

es in der Folge leicht an den nötigen Aschenbestandteilen, um die vergrößerte Pflanzenmasse bis zur Reife resp. der Ausbildung der Körner normal zu ernähren. Daher zuckerarme Rüben und großer Strohertrag.

Der Stickstoff hat allerdings theoretisch keine Sonderstellung in der Pflanzenernährung, sondern nur praktisch, weil er gewöhnlich im Minimum anwesend ist und so die Größe der Produktion regiert. Wird derselbe plötzlich vermehrt, so wird die Produktion, bei der möglichen Erschöpfung an anderen Produktionsfaktoren, leichter in eine verkehrte Richtung gedrängt*). Mit einer genügenden Menge von Aschenbestandteilen zusammen kann man also ruhig den die Vegetation jagenden Salpeter, ohne Nachteil befürchten zu müssen, für die verschiedensten Kulturen gebrauchen, und nur die Kleearten und die meisten anderen Leguminosen machen hier natürlich eine Ausnahme, welche sich übrigens nur gegen die Rentabilität einer solchen Verwendung richtet.

Wenn das Ebengesagte also eigentlich keine Einschränkung der Benutzung des Salpeters bedeutet, so ergiebt sich eine solche doch noch aus einem anderen Gesichtspunkte, aus der schon früher berührten gefährlichen, wenn auch in ihren Gefahren übertriebenen, Denitrifikation**). Da dieselbe auf Kosten des Salpeters stattfindet und die Bakterien, welche dieselbe unterhalten, durch organische Stoffe, welche in Pflanzenteilen und in frischen Stalldünger vorhanden sind, besonders gut ernährt werden, so folgt, daß man, wozu übrigens die Praxis niemals große Neigung verraten hat, nicht gleichzeitig Salpeterdüngung mit frischem Stalldung oder Gründüngung anwenden soll. — Alle diese scheinbaren oder wirklichen Einschränkungen thun übrigens den glänzenden Eigenschaften des Chilisalpeters, die sich auch in dem gegenwärtigen kolossalen Verbrauch aussprechen, wenig Eintrag. Darum um so mehr schade, daß bei den ganz hervorragenden Eigenschaften des Chilisalpeters als Stickstoffdünger diese Quelle, dem Vorgange des Guanos folgend, bald verstopft sein dürfte. Die Nachrichten über die noch vorhandenen Vorräte lauten sehr beunruhigend, und man spricht jetzt nur noch von einem Menschenalter, eine Warnung, um mit unseren anderweitigen Vorräten an Stickstoff vorsichtig umzugehen und überhaupt die große Stickstofffrage beständig vor Augen zu halten.

Die Steigerung im Verbrauch ist denn auch riesig gewesen: von 135000 Tonnen im Jahre 1870 bis zu 1380000 Tonnen im Jahre 1899. Am meisten geht zur Zeit nach Deutschland, während im Verhältnis zum vorhandenen Ackerlande Belgien den größten Konsum aufweist.

Die *Ammoniakverbindungen,* welche zur Düngung Verwendung finden, nehmen samt und sonders ihren unmittelbaren Ursprung aus technischen Etablissements, wo sie als Abfallprodukte, seltener als Hauptprodukte von künstlich eingeleiteten Prozessen entstehen. Die in der Natur vorkommenden (schon vorhin berührten) Ammoniaksalze, wie wir sie in der Nähe von Vulkanen vorfinden, sind in ihrem Auftreten nicht bedeutend genug, um hier irgendwie in Betracht zu kommen.

Als technisches Abfallprodukt treten die Ammoniakverbindungen in sehr großem Maßstab, wenn auch in sehr verdünnter Form, bei der Gasfabrikation resp. der

---

*) Vergl. Landw. Versuchsst., 41, p. 440.

**) Vorl. IV.

Coaksfabrikation, neuerdings auch bei den Hochöfen auf. Auch menschliche Fäkalien werden, wie wir früher gesehen haben, gegenwärtig zuweilen auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet. Die Steinkohlen enthalten ganz analog dem Torf*) und wie alle fossilen Brennmaterialien sehr erhebliche Mengen (durchschnittlich etwa $^{3}/_{4}$ %) Stickstoff, welcher bei der trockenen Destillation jener zum größten Teil als Ammoniak (resp. kohlensaures Ammoniak) entweicht; dieses letztere ist in dem rohen Steinkohlengas enthalten. Da aber nun das Leuchtgas, ehe man es in den Gasometer und in die Leitungen treten läßt, verschiedenen Reinigungsprozessen unterworfen wird, worunter auch das einfache Waschen durch Wasser eine Rolle spielt, so sammelt sich in diesem Wasser neben einigen andern Destillationsprodukten auch Ammoniak an. Dieses ammoniakhaltige Waschwasser oder „*Gaswasser*" dient in seltenen Fällen direkt als Düngemittel und kann z. B. mit Wasser verdünnt zum Überrieseln der Wiesen, rentabler noch für Hafer benutzt werden. In unverdünntem Zustande ist es nur auf schweren Bodenarten anzuempfehlen**). Natürlich ist aber das Gaswasser nicht auf größere Entfernungen transportabel; kann es nicht an Ort und Stelle verbraucht werden, so werden aus demselben (durch Destillation mit Kalk und Auffangen in Säure) Ammoniaksalze, wie namentlich schwefelsaures Ammoniak, dargestellt. Die so resultierenden Ammoniaksalze gelangen dann auch in den Düngerhandel und sind natürlich dem Gaswasser gegenüber als ein konzentrierter Handelsdünger ausgezeichnet.

Das *Gaswasser* ist je nach den herrschenden Reinigungsmethoden natürlich verschieden reich an Ammoniak; man wird aber vielleicht im Durchschnitt nur $^{1}/_{2}$ Prozent (kaustisches) Ammoniak darin annehmen dürfen.

Das *schwefelsaure Ammoniak*, welches, wie gesagt, zur Zeit größtenteils***) aus diesen Gaswässern dargestellt wird, gelangt in sehr reiner Form in den Handel, so daß man, nahezu entsprechend der Formel, 21 % Stickstoff in demselben voraussetzen darf. Nur ein, freilich weniger in den Stickstoffprozenten bemerkbarer, aber analytisch leicht kontrollierbarer Gehalt an *Rhodan*verbindungen†), welche auf das Wachstum mancher Pflanzen, namentlich Gerste, schädigend einwirken, ist wohl einmal zum Gegenstande unangenehmer Erörterungen geworden.

Daß man, seitdem man die Ammoniaksalze zu Düngungszwecken verwendet, deren Fabrikation aus tierischen Abfällen mehr und mehr aufgegeben hat, ist einleuchtend, da es doch einfacher wäre, diese direkt dem Boden einzuverleiben oder sie zur Kompostbereitung zu benutzen. Soweit diese noch heute in die Technik gelangen, dienen sie vielmehr zur Blutlaugensalzfabrikation und zur Erzeugung von dergleichen wertvolleren Produkten. Nur bei der trockenen Destillation der Knochen zum Behufe der Darstellung der Knochenkohle werden noch aus solchen Abfällen Ammoniaksalze für die Landwirtschaft gewonnen.

---

*) Vergl. über Stickstoff in Humussubstanzen die Bodenkunde, 5. Vorlesung, p. 72 u. f.

**) Aus Holland ist mir eine ausgezeichnet rentierende Düngung mit unverdünntem Gaswasser zu Kümmel bekannt, wobei die Düngung 2 Monate vor der Aussaat gegeben wurde. Maandbl. d. Oudleerlingen, 1900, p. 8.

***) Auch stickstoffhaltige Schiefer werden neuerdings in England im großen auf Ammoniak verarbeitet.

†) Erkennbar an Rotfärbung mit Ferrichlorid.

Aus dem Torfe und zumeist aus den wertlosen Abfällen desselben, in welchen ja ungeheure Schätze an gebundenem Stickstoff verborgen liegen, suchte man auch Ammoniaksalz zu gewinnen, und zwar nach dem Grouvenschen Patent, nach welchem überhitzter Wasserdampf über den glühenden Torf geleitet wird, und welcher Vorgang, was den Stickstoff angeht, mit der Bildung von Ammoniak, in welcher Form jener beinahe quantitativ abgespalten wird, abschließt. Dieser interessante Prozeß, dem eine große Düngerfirma bedeutende Summen geopfert hat, ist indessen nicht (angeblich wegen Fehlens eines widerstandsfähigen Retortenmaterials) auf eine Stufe der Vollkommenheit gebracht worden, daß bis jetzt praktische Resultate daraus entsprungen wären.

Für die Anwendung der Ammoniaksalze gelten im allgemeinen dieselben Gesichtspunkte wie für die des Chilisalpeters, nur daß man bei der Ausstreuung der ersteren wegen ihrer Absorbierbarkeit nicht nötig hat, in der Zeit so nahe an die Pflanze, die mit demselben ernährt werden soll, zu rücken, und daß man einige Gewächse berücksichtigen muß, die entschieden den Salpeter vorziehen.

Will man, alles zusammenfassend, Ammoniak und Salpeter in ihrer praktischen Wirkungsweise miteinander vergleichen, so kann man etwa sagen, daß im allgemeinen, und besonders für kalk- und kaliarme Bodenarten, der letztere eine sicherere Wirkung zeigt*), — im letzteren Falle, weil das Natron des Salpeters wenigstens teilweise das Kali zu ersetzen vermag**); — schlagend ist in dieser Beziehung ein Wagnerscher Topfdüngungsversuch, welcher bei Rübsen auf Moorboden die alleinige Brauchbarkeit des Salpeters zeigt, wenn man nicht gleichzeitig in Form einer Mergelung den Boden kalkhaltend macht (siehe die Fig. 2), daß aber auch hinsichtlich bestimmter Pflanzen Unterschiede in dieser Richtung bestehen, welche noch eines weiteren aufmerksamen Studiums würdig sind. Bekannt ist in dieser Richtung, daß man die meisten Getreidesorten unter allen Umständen mit Ammoniak düngen darf, daß man dagegen, wenn man Hackfrüchten eine Stickstoffdüngung zukommen lassen will, im Frühjahr Salpeter wählen muß, und im Falle man Ammoniak verwendet, dieses schon frühzeitig zu geben hat, um dem Ammoniak, gegen welches diese Gewächse undankbar sind, Zeit zu lassen, in Salpetersäure überzugehen. Im übrigen ist das Verabreichen des Ammoniaksalzes im Herbste, wozu bisweilen ausgehend von der Theorie der Absorbierbarkeit geraten wird, vom Standpunkte der Verhütung des Stickstoffverlustes in der Winterzeit selbst für die Winterfrüchte nicht ohne Gefahr, da sich namentlich infolge der langjährigen Untersuchungen in Rothamsted herausgestellt hat, daß die Auswaschungsverluste sehr bedeutend***)

---

*) Vergl. P. Wagner: Einige praktisch wichtige Düngerfragen, 1884, p. 36. Ein sehr schlagendes Beispiel giebt derselbe Autor (Düngungsfragen IV, 1900, p. 68) für die absolute Notwendigkeit der Kalkzufuhr bei Ammoniakdüngung auf Moorboden. Der Kaffeebaum dagegen scheint geradezu dem Ammoniak den Vorzug zu geben, wie ja dem Waldboden überhaupt gewöhnlich die Nitrate fehlen. Siehe Dafert: Relat annual de St. Paulo 1894/5.

**) P. Wagner: Jahresber. d. deutsch. landw. Gesellsch. 1899, p. 193.

***) Memoranda of the origin. plan and results of the fields and other experiments, etc., 1900, p. 28, and Mansholt: De stikstofvoeding der landbouw-cultuurplanten etc., 3. editie.

sein können. Ratsam bleibt es in solchen Fällen immer, einen Teil des Düngers im Herbste, einen Teil im Frühjahr zugeben, zumal sich das Ammoniaksulfat nach

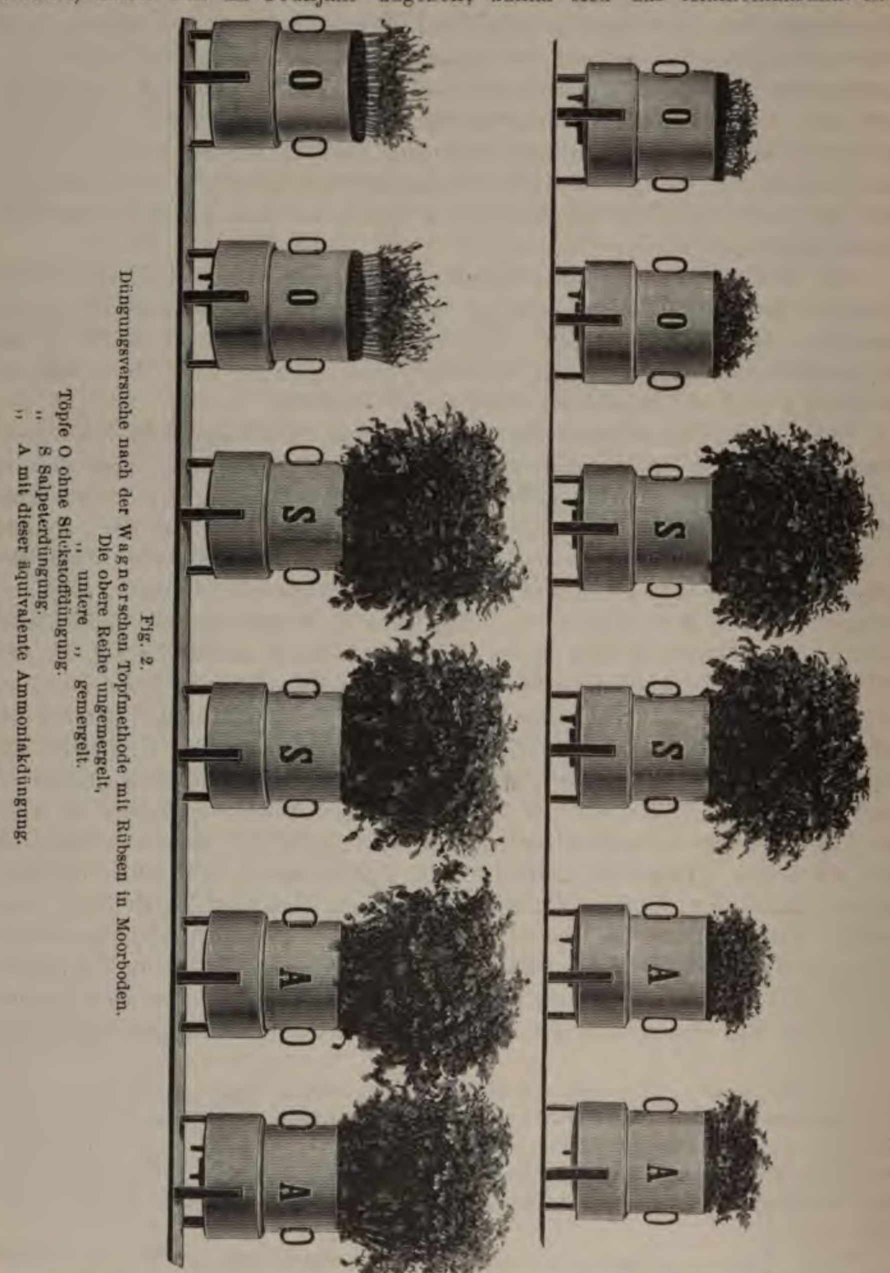


Fig. 2.
Düngungsversuche nach der Wagnerschen Topfmethode mit Rübsen in Moorboden.
Die obere Reihe ungemergelt,
„ untere „ gemergelt.
Töpfe O ohne Stickstoffdüngung.
„ S Salpeterdüngung.
„ A mit dieser äquivalente Ammoniakdüngung.

dem Chilisalpeter unter allen Kunstdüngemitteln noch am besten zur Kopfdüngung eignet.

Über den relativen Wert von Ammoniaksulfat gegenüber Chilisalpeter sind auch kürzlich durch den bekannten englischen Agrikulturchemiker Warington*) einige Sätze aufgestellt worden, deren Inhalt großenteils auf langjähriger Erfahrung beruht und wovon wir das folgende hier hervorzuheben für nützlich halten:

1. Ammoniaksulfat wirkt langsamer und dauernder als Salpeter. 2. In trockenen Gegenden ist der letztere vorzuziehen. 3. Eine Bedingung für die sichere Wirkung des ersteren ist die Anwesenheit von Aschenbestandteilen in größerer Menge und hat sich namentlich auch der Kainit als ein guter Beidünger für Ammoniaksulfat ergeben. 4. In Übereinstimmung hiermit wirkt Chilisalpeter bei Cerealien noch mehr auf das Stroh denn auf den Körnerertrag.

Auf Java wird das Ammoniaksulfat auch als spezifischer Dünger für Zuckerrohr gebraucht und auf Grund von vergleichenden Versuchen anempfohlen.

Im übrigen sei auch für diese Form der Stickstoffdüngung nochmals auf den neuen und faßlichen Gesichtspunkt aufmerksam gemacht, daß ein sehr stickstoffarmes Gewächs (auf stickstoffarmem Boden) durch dieselbe Menge künstlich zugeführten Stickstoffes einen größeren Mehrertrag liefern wird als eine eiweißreiche Pflanze, zu deren Ertragsvermehrung natürlich viel mehr Stickstoff erforderlich ist. Wir müssen dabei vor Augen behalten, daß der Wert des Erträgnisses sich nicht ausschließlich bemißt nach der darin enthaltenen Eiweißsubstanz, sondern auch nach dem Gehalte an kostenfrei miterzeugten stickstofffreien organischen Stoffen und dann namentlich nach dem Werte des erzeugten Eiweiß'. Hierdurch wird noch mehr deutlich, daß die Getreidearten in erster Linie eine Ammoniakdüngung beanspruchen dürfen, und die stickstoffarmen Hackfrüchte wieder sehr dankbar für Salpeter erscheinen, während für Grasland die Vorteile solcher Düngungen manchmal zweifelhaft sind. Ich sage: zweifelhaft, nicht: unmöglich. Im Gegenteil haben sich in den letzten Jahren, nachdem die Wagnersche Schlußfolgerung schon sehr allgemein Eingang gefunden und hie und da zu einer völligen Ablehnung der Stickstoffdüngemittel für Grasland geführt hatten, neue Gesichtspunkte und Erfahrungen geltend gemacht, welche auch in dieser Beziehung wieder viel günstiger lauten.

Diese neuen Gesichtspunkte**) sind, daß der Stickstoff, in kleineren Mengen (nicht über 24 kg pro Hektar) auf Grasland angewendet, ansehnlich mehr zu leisten im stande ist, als — was nach Wagner als das Optimum erschien — seinem Eintritt in die Erntesubstanz entspricht, *weil durch die vorübergehend verbesserten Ernährungsverhältnisse Gräserarten* im Kampfe ums Dasein *begünstigt werden,* die nicht bloß nahrhafter und wenigstens schmackhafter sind, sondern auch *durch eine bessere Bewurzelung mehr von* den Bodenbestandteilen und unter diesen auch von dem *sonst schwer zugänglichen Stickstoff einen weit besseren Gebrauch zu machen wissen.* Auf diese Weise kann infolge einer Düngung mit 24 kg Ammoniak oder Salpeterstickstoff ein Mehrertrag an Heu erlangt werden, der weit mehr als 24 kg Stickstoff enthält.

Derselbe Gesichtspunkt gilt auch noch für Kulturgewächse, die wir pflanzen oder säen, und bei welchen also der Kampf ums Dasein wegfällt, insofern die durch

---

*) Royal agricult. society (3) XI, II, 1900.

**) Ausführlich besprochen in meiner Broschüre: Over de beteekenis der Chilisalpeter etc., Wageningen 1900. Siehe namentlich p. 19 u. f.

eine anfängliche Stickstoffdüngung erstarkte Pflanze in ihrer späteren Wachstumsperiode besser den Boden ausbeutet, auch selbst an Stickstoff. Auch hiefür sind Erfahrungen aus der Praxis der Düngungsversuche in großer Anzahl vorhanden und z. T. durch Wagner selbst mitgeteilt worden, ohne daß dadurch damals unmittelbar deutlich wurde, wie sehr dadurch seine eigenen Aufstellungen eingeschränkt wurden.

Die Erfahrung hat also auch wieder für jede einzelne Kultur zu entscheiden, wie weit man in der Anwendung der Stickstoffdüngung gehen darf. Aber die Aussicht auf einen Mehrertrag ist bei den Stickstoffdüngern, selbst viele Leguminosen nicht ausgenommen, besonders groß, da dieses Element sich in der Regel im Minimum im Ackerboden befindet.

Daß wir trotzdem auf gewöhnlichem Ackerboden allzureichlichen Stickstoffdüngungen nicht das Wort reden, darf mithin auch nur zum kleinsten Teile auf den Gesichtspunkt der Verschwendung des teuersten aller Pflanzennährstoffe bei nicht entsprechender Vertretung der übrigen zurückgeführt werden, sondern beruht in erster Linie, da der Boden diese in der Regel noch zu liefern vermag, auf der Furcht, die Qualität der Ernte zu schädigen.

Dieses kann einmal statthaben infolge allzureichlicher räumlicher Entwickelung, infolge deren die Pflanzen einander beschatten und so den Produktionsprozeß und mit demselben die Erzeugung von Kohlehydraten, indirekt auch des als festes Baumaterial so wichtigen Zellstoffs beeinträchtigen (Lagergetreide); daher bei Futtergewächsen dieser Gesichtspunkt beinahe ganz in Wegfall kommt und, wenn umgekehrt ein lückenhafter Stand eines Gewächses beobachtet wird, die einseitige Stickstoffdüngung selbst empfehlenswert wird.

Eine andere Qualitätsschädigung kann die starke Stickstoffdüngung, wie schon angedeutet, dadurch veranlassen, daß die Fortentwickelung der Pflanze zeitlich zu sehr ausgedehnt wird und so namentlich bei Wurzelgewächsen, bei welchen man bezüglich des Zeitpunkts der Ernte durch das Klima gebunden ist, die Reife, die in einer Anhäufung von Kohlenhydraten in Reserveorganen besteht, verzögert wird, während bei Getreide die Strohbildung begünstigt und Braugerste zu stickstoffreich wird.

Am meisten an ihrem Platze ist, wie gesagt, die Verwendung des Ammoniaksulfats bei den Getreidearten, bei welchen dasselbe zuweilen sogar dem Salpeter vorgezogen wird*), weil der (der Absorption unterliegende und überhaupt) langsamer zur Verfügung kommende Stickstoff nicht so auf den Strohertrag wirkt und so die Gefahr des Lagerns stark vermindert. Namentlich zu Weizen und Gerste hat man deshalb das Ammoniak empfohlen.

Sodann empfiehlt sich das Ammoniaksulfat auch sehr zur gartenmäßigen Kultur gemüseartiger Pflanzen**).

*) So z. B. wird auf wasserarmen Heidesandböden nach Lupinengründung der Roggen mehr durch eine kleine Ammoniakdüngung begünstigt als durch eine entsprechende Salpeterdüngung.

**) Nicht unwichtig, obwohl eigentlich selbstverständlich, ist die Beobachtung Tuxens, daß durch stickstoffreiche Kunstdünger keine dauernde Bereicherung des Ackerbodens an Stickstoff stattfindet, was beim Stallmist und Gründüngung wohl der Fall ist. Doch spricht diese Erfahrung nicht gegen Salpeter und Ammoniak, da es sich im andern Falle um ein

Das *Blutmehl,* ein Düngemittel, das seine Wirkung beinahe ausschließlich dem Stickstoffgehalt verdankt, haben wir schon früher beiläufig erwähnt. Dasselbe wird durch Trocknen von Blut aus Schlachtereien dargestellt, zuweilen, nachdem dasselbe zuerst in Blutkuchen und Blutserum getrennt ist, wovon das letztere zur Albuminfabrikation Verwendung findet; es enthält nur Bruchteile von Prozenten von Phosphorsäure und Kali und ungefähr 10% Stickstoff in ziemlich leicht verfügbarer Form*).

Eine dritte Gruppe von spezifischen Düngemitteln enthält als wertvollen Bestandteil denjenigen Pflanzennährstoff, an dem es nächst Stickstoff und Phosphorsäure im Boden am häufigsten gebricht, — *das Kali.* Über dieses Element in der folgenden Vorlesung.

---

beinahe totes Kapital handelt. Nur wird man bei dauernder Kunstdüngung dieses Umstandes eingedenk bleiben und jeden Augenblick für vollständige Pflanzenernährung Sorge tragen müssen. Vergl. Landw. Versuchsst., 1898, p. 335.

*) Es sind sogar vergleichende Düngungsversuche bei Kartoffeln bekannt gemacht worden, in welchen der Blutstickstoff den Salpeter- und Ammoniakstickstoff geschlagen hat (Rhode Island Bulletin, 65, 1900).

Elfte Vorlesung.

Die sogenannten künstlichen Düngemittel des Handels. (Schluß.) — Die Kalidünger. — Die Staßfurter Roh- und gereinigten Salze.

Die *spezifischen Kalidünger*, zu deren Besprechung wir heute übergehen, sind samt und sonders ihrer Entstehung nach rein mineralischer Natur. Es giebt keine Prozesse auf der Oberfläche unseres Planeten, die — wie wir dies namentlich für einige phosphorsäurereiche Dünger kennen gelernt haben — in der Richtung wirksam sind, irgend welche der organischen Welt entstammenden Stoffe in einer Weise umzubilden, daß spezifische Kalidünger aus denselben entstehen könnten; und selbst die kalireichsten Organismen und Organismenreste, wie z. B. Holzasche, enthalten in dem Zustande, in welchem sie gewöhnlich in den Handel gelangen, nicht so viel Kali neben den großen Mengen von anderen Stoffen von Düngerwert, daß man sie auch nur als in dieser Richtung sehr einseitige Dünger bezeichnen könnte. Es gehören daher die spezifischen Kalidünger dem Mineralreich an; wir finden dieselben als Ablagerungen, für deren Entstehung wir irgend einen geologischen Prozeß in Anspruch zu nehmen uns gezwungen sehen.

Als ein kalihaltiges Material, das mehrfach schon versuchsweise zu Düngezwecken benutzt worden ist, wären hier zunächst der kalireiche Feldspat und also die Gesteine, in denen Feldspat in großer Menge vorkommt, zu erwähnen. Auf das Vorkommen des Feldspats in den sogenannten plutonischen Gesteinen brauchen wir hier nicht näher zurückzukommen. Wir haben seiner Zeit beim Besprechen der Zusammensetzung der Gesteine gesehen*), daß es eben unter den krystallinischen Gesteinen eine Anzahl solcher giebt, die auch ihrer Bauschanalyse nach sehr beträchtliche Mengen von Kali enthalten, welches eben bei der Ausscheidung der einzelnen Mineralien aus jenen Gesteinen heraus — die wir uns gewöhnlich als eine Art von Auskrystallisieren aus einer feurig flüssigen, schon vorher gleichförmig gemischten Masse denken — zur Bildung von einzelnen sehr kalireichen Mineralien Veranlassung gegeben hat. Es ist nun einleuchtend, daß solche Gesteine, die auch zur Bildung von kalireichen Böden Veranlassung gegeben haben, als Dünger in derselben Richtung zu wirken im stande sein müssen, vorzüglich wenn man die Verwitterung durch Vergrößerung der Oberfläche, also durch feines Mahlen und dergleichen zu begünstigen sucht.

Die Verwendung solcher kalireichen Silikate als Düngemittel ist jedoch — und dies jedenfalls wegen der Schwerverwitterbarkeit der Feldspate und Leucite — wohl

*) Siehe hierüber: Bodenkunde, 1. Vorlesung.

noch nirgends eine sehr rentable Operation geworden*). Man hat zwar mehrfach versucht, kalireiche Gesteine, nachdem sie gemahlen, durch geeignete Schichtung mit verwesenden (Kohlensäure und Salpeter liefernden) Substanzen oder auch durch Behandeln mit englischer Schwefelsäure oder durch Glühen mit Kalk einer raschen Zersetzung entgegenzuführen und so zu verwerten, aber bis jetzt ohne sehr hervorragenden Erfolg für die landwirtschaftliche Praxis, so sehr auch derartige Versuche der Fortsetzung wert erscheinen. Auch fabrikmäßig läßt sich das Feldspatpulver billig herstellen, ohne daß infolge davon die Anwendung solcher Materialien zur Düngung eine irgendwie bedeutende geworden wäre. Selbst auf reinen Moorböden waren die Resultate unbefriedigend und nur der Chausseeschlamm einzelner Beschotterungsmaterialien, also ein Material, welches die Landwirte umsonst erhalten können, dessen Düngerwert sich übrigens in manchen Fällen nicht einmal ohne weiteres auf den Kaligehalt der Materialien zurückführen läßt, wird an mehreren Orten von jenen der Verwendung gewürdigt.

Von unvergleichlich bedeutenderer Wichtigkeit sind namentlich für Deutschland, in neuerer Zeit aber selbst für fernabgelegene Länder, sogar für Amerika**), die sehr ausgedehnten *Kalisalzablagerungen von Staßfurt****) geworden.

Schon in alter Zeit war die Gegend von Staßfurt wegen seiner salzhaltigen Quellen bekannt und der Salzreichtum sogar mehrfach die Ursache von kleinen Kriegen geworden. Im Iahre 1839 begann der preußische Staat dann mit den Tiefbohrungen und stieß thatsächlich 1843 auf das gesuchte Steinsalz, d. h. zunächst auf Salzlager von abweichender Zusammensetzung, auch Magnesia, Schwefelsäure und Kali enthaltend. Trotzdem dies anfangs eine Enttäuschung war, mußte man sich doch im Jahre 1851 entschließen, Schachte zu bauen, da der Bedarf an Kochsalz zu groß war, um günstigere Chancen abzuwarten, und 5 Jahre später waren diese ersten Schachte fertig und konnte die Benutzung beginnen.

Die obersten kali- und magnesiahaltigen Schichten wurden zunächst zur Seite geräumt, daher der Name „Abraumsalze". Später wurden nach den günstigen Erfahrungen mit dem ersten und namentlich nach dem liberalen Bergwerksgesetz von 1868 noch mehr Bergwerke in der Umgegend angelegt, z. T. unter

---

*) Von einzelnen Orten abgesehen. So sollen die Landleute um Eisenach feldspathaltiges Gestein in die Jauche werfen, worauf dasselbe sich innerhalb sechs Monaten zersetzen soll. Von ähnlichen Maßregeln, Kompostieren mit Stallmist, wird aus Böhmen berichtet (Fühlings landw. Zeitung, 1895, p. 422). Ob aber rentabel, läßt sich schwer ermitteln und ist sogar aus systematischen Versuchen in Schweden unwahrscheinlich. Nur aus Rußland wird von *befriedigendem* Resultate eines *Glaukonitsandes* als Kalidünger berichtet. Eine Zusammenstellung des Kaligehalts der verschiedensten Gesteinsarten von Stöckhardt findet sich in: Chem. Ackersm., 1873, p. 179.

**) Vom Chlorkalium gingen in den Jahren 1890—92 selbst 30% nach diesem überseeischen Lande, beinahe so viel, als in dieser Zeit in Deutschland selbst verbraucht wurde. Von Rohsalzen bleibt dagegen der Löwenanteil im Mutterlande.

***) In Galizien finden sich ähnliche Ablagerungen in der Tertiärformation, die aber wenn auch reich, so doch viel weniger ausgedehnt sind und auch anderer Umstände wegen noch lange nicht eine so große Bedeutung gewonnen haben. Auch auf der Insel Borneo vermutet man ähnliche Salzlager.

noch günstigeren Bedingungen, und gegenwärtig wird sogar mit gutem Erfolge auch südlich vom Harze gebohrt*), während andere Bergwerke sich bis nach Mecklenburg und Braunschweig erstrecken.

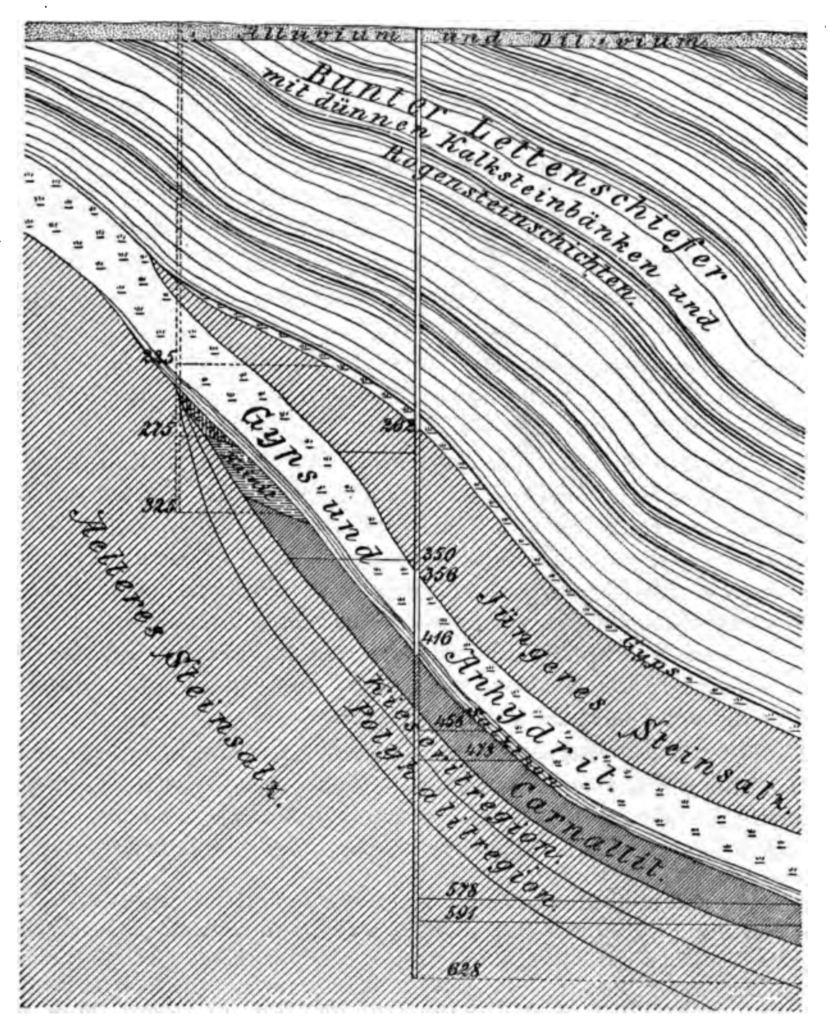


Fig. 3.
Die Staßfurter Salzformation nach Märcker.

Die kalihaltigen Rohmaterialien des Staßfurter Bergwerks sind also die über dem Steinsalz gelegenen sogen. Abraumsalze, welche im ursprünglichen preußischen Teil des Bergwerks bei 816 Fuß Tiefe erscheinen und sich bis zu 974 Fuß Tiefe erstrecken, wo alsdann zunächst das Steinsalz mit sehr bedeutender Mächtigkeit be-

*) Darunter auch eine Probebohrung mit holländischem Kapital bei Bleichrode. Im ganzen giebt es jetzt 65 Bohrungen.

ginnt. Im anhaltinischen Teile der Ablagerungen braucht man nur halb so tief zu gehen, um auf die Abraumsalze zu gelangen; sie haben aber auch dort nahezu dieselbe Mächtigkeit.

Die überlagernden Gesteine folgen bei Staßfurt wie hier angegeben:

Alluvium,
Diluvium,
Bunter Sandstein,
Gips,
Anhydrit,
Jüngeres Steinsalz,
Salzthon,
Carnallitregion, }
Kieserit- „ } Abraumsalze,
Polyhalit- „ }
Älteres Steinsalz,
Anhydrit.

Daraus ergiebt sich, daß das Salzlager der Zechsteinformation angehörig ist, und thatsächlich hat man auch später Rotliegendes und Zechstein unter den mächtigen älteren Steinsalzen gefunden.

Man denkt sich die Bildung jenes großartigen Salzlagers in der Weise vor sich gegangen, daß ein vom Weltmeer durch irgend eine Terrainveränderung abgeschnittenes Salzbecken — die Übereinstimmung der Zusammensetzung der sogleich aufzuzählenden Salze mit denen des Seewassers ist ja auch auffallend genug*) — der langsamen Verdunstung, ähnlich wie jetzt etwa das Tote Meer oder (wegen der großen Mächtigkeit) noch besser die Bucht Kara Bogas des Kaspischen Meeres, welche durch einen unterseeischen Wall vom Hauptteile des Meeres abgetrennt ist**), unterlegen sei und daß sich dabei die einzelnen Salze in der Reihenfolge ihrer Schwerlöslichkeit abgelagert hätten. Bedingung zur Abscheidung ist dabei nur, daß ein salzhaltiges Wasser stärker verdunstet, als z. B. das erstgenannte Meer (aus dem entwaldeten Palästina) Zufluß erhält, oder daß wie in dem in zweiter Linie genannten Falle bei mäßiger Verdampfung stets neues Salzwasser zuströmt. So habe sich notwendig erst Gips, dann das wenigstens in der ursprünglichen Mutterlauge schwerlöslichere Kochsalz, abwechselnd mit Anhydritschnüren, tiefer unten ablagern müssen als die löslicheren Doppelsalze von Kali und Magnesia, die wir in den oberen Abraumschichten mehr vertreten finden. Sodann haben sekundäre Prozesse, Eindringen von Süßwasser in die Ablagerungen, Auflösen und Wiederabscheiden aus denselben, bei der

*) In Analysen von Seewasser ist gefunden:

$NaCl$	2,5 —2,8 %	$CaSO_4$	0,16—0,21 %
$NaBr$	0,03—0,04 „	$MgSO_4$	0,06—0,11 „
K_2SO_4	0,14—0,17 „	$MgCl_2$	0,33—0,46 „
		total	± 3,5%.

Charakteristisch ist auch die Kalisalzgewinnung aus dem Seewasser selber, die in Südfrankreich eine gewisse Bedeutung hat und immer aus der Mutterlauge des eingedampften Seewassers nach dem Auskrystallisieren des Kochsalzes geschieht.

**) Vergl. z. B. Neumayr: Erdgeschichte.

Gestaltung ihre Rolle gespielt*). Auf diese Weise sei dann auch das jüngere Steinsalz entstanden.

Zur Erhaltung der Ablagerungen ist eine wasserdichte geologische Ablagerung „im Hangenden" notwendig. Wenn diese durchbrochen wird und Wasser eindringt, „ersäuft" das Bergwerk, wie dies in Aschersleben passierte. Da die genannte Bedingung nach dem Entstehen der Salzlager nicht überall erfüllt ist, sind trotz der Häufigkeit ähnlicher geologischer Erscheinungen wohlerhaltene Salzlager verhältnismäßig selten. Kochsalzlager giebt es zwar in allen Formationen und über die ganze Erde verbreitet; aber beinahe überall fehlen die leichtlöslichen Kalisalze.

Unter den sogenannten Abraumsalzen werden etwa 10 verschiedene Haupt-Mineralien unterschieden**), von denen jedoch nur 6, nämlich der *Polyhalit, Krugit, Carnallit, Hartsalz, Sylvinit* und *Kainit,* kalihaltig sind. Außer diesen findet aber noch ein kalifreies Mineral, der *Kieserit,* zur Düngerfabrikation Verwendung. Anfangs versuchte man das rohe, sich durch großen Chlorgehalt auszeichnende Abraumsalz, ohne weitere Auslesung und Verarbeitung vorzunehmen, auf den Düngermarkt zu werfen. Höchstens hatte man solchen rohen Kalisalzen etwas gereinigtes Chlorkalium zugesetzt, und so enthielten dieselben neben verhältnismäßig wenig Kali (10% und weniger) große Mengen von unter Umständen für den Pflanzenwuchs schädlichen Bestandteilen, wie Chlormagnesium und größere Mengen von Chlornatrium, die außerdem die Transportfähigkeit des angebotenen Produkts wesentlich herabdrückten.

Man sah sich aber bald genötigt, nicht schlechtweg den Abfall dem Landwirte zuzuweisen, sondern für diesen ebenso wie für die Technik Salze darzustellen, respektive für die Technik dargestellte Produkte zu verwenden, die eine für die Landwirtschaft günstigere Zusammensetzung hatten, und von solchen Produkten findet sich nun eine größere Zahl von so verschiedener Reinheit und entsprechend wechselndem Düngerwert im Handel, daß es schwierig ist, sich unter denselben zurechtzufinden. Namentlich tragen hierzu viel die unklaren und zum Teil euphemistischen Benennungen der Düngerpräparate bei.

Der überhaupt und besonders in den obersten Schichten der Abraumsalze vorherrschende *Carnallit,* welcher nach der Formel $KCl, MgCl_2, 6H_2O$ zusammengesetzt ist, und dem entsprechend beinahe 27% Chlorkalium enthalten müßte, enthält in dem

---

*) Namentlich wird von Sachverständigen angenommen, daß die sparsam vorkommenden aber wichtigen Mineralien Kainit und Sylvinit erst durch sekundäre Einwirkungen von Salzlösungen aus bereits vorher gebildeten Mineralien Entstehung genommen hätten. Vergl. P. Wagner: Lehrb. d. Düngerlehre, 1877, p. 121 u. f., und E. A. Neeb: Das Staßfurter Becken; Technol. Gezelschap Delft, 20. Nov. 1895.

**) Vergl. Birnbaum: Die Kalidüngung in ihren Vorteilen und Gefahren, 1869; Reinwarth: Über die Kalisalzablagerungen bei Staßfurt etc., 1871; W. Rohde: Die Salzlager in Staßfurt, 1873; F. Bischof: Die Steinsalzwerke bei Staßfurt, 1875; am letzteren Orte ausführliche Litteraturangaben. Sehr interessant sind die nach den Grundsätzen der modernen physikalischen Chemie unternommenen Studien von van't Hoff, Meyerhöffer und seinen anderen Mitarbeitern über die Bildungsbedingungen der einzelnen Staßfurter Salze in der Zeitschr. für phys. Chemie, 1898/99. Vorerst sind in dieser Richtung die Hydrate des Magnesiumchlorids und der Carnallit studiert.

Zustand, wie er gefördert wird, nur etwa 16—20 % Chlorkalium, da er mit Kochsalz und anderen Salzen verunreinigt ist; auch ist derselbe durch kleine Mengen von sogen. Eisenglimmer (krystallinisches Ferrioxyd) rot gefärbt. Man pflegt nun in allen Kaliumverbindungen den Gehalt an diesem Metall auf Kali zu berechnen, auch wenn das Element nicht als Sauerstoffverbindung vorkommt, und erreicht dadurch den Vorteil, immer dieselbe Einheit der Wertberechnung zu Grunde zu legen. So ausgedrückt kommt in dem Carnallit, wie er gefördert wird, etwa 9½—12½ % Kali vor. Im Handel hält man sich natürlich an die untere Grenze.

Der Carnallit dient neben Hartsalz und Sylvinit zur Darstellung von mehr oder weniger reinen Chlorkaliumpräparaten, die gewöhnlich als *dreifach oder als fünffach konzentriertes Kalisalz* in den Handel gebracht werden und dann je nach der Bezeichnung durchschnittlich 32 % oder 52 % Kali als Chlorkalium enthalten. Neuerdings fängt das 40prozentige Salz an, sich sehr allgemeiner Anwendung zu erfreuen. — Ursprünglich sind diese Chlorkaliumsalze nicht zu Düngezwecken, sondern für die Salpeter- und Alaunfabrikation dargestellt worden, und man versuchte nun, die bei dieser Fabrikation sich ergebenden Abfälle, die ihrer Entstehungsweise nach neben ziemlich geringen Mengen Chlorkalium und schwefelsaurem Kali schwefelsaure Magnesia, Chlormagnesium und Kochsalz enthalten mußten, unter dem leicht irreführenden Namen *„rohes schwefelsaures Kali“* auf den Düngermarkt zu bringen. Die Zeiten haben sich seitdem gründlich verändert. Der landwirtschaftliche Verbrauch des Kalisalzes steht jetzt im Vordergrund, und die Industrie hat sich danach gerichtet.

Es ist hier der Ort, an einiges zu erinnern, was schon früher über die eigentümliche Wirkung der Chlorverbindungen als Düngemittel ausgesagt wurde*). Ich hatte dort Gelegenheit, auf die Folgen aufmerksam zu machen, welche namentlich bei der Kultur von Gewächsen, die sehr kalibedürftig sind, wie Rüben, Kartoffeln, Tabak, nach Kalidüngungen, und auf die, welche bei diesen Gewächsen nach chlorhaltigen Düngungen mit großer Regelmäßigkeit einzutreten pflegen. Wir haben namentlich gesehen, daß, während die Qualität der genannten Gewächse unter dem Einfluß der kalihaltigen chlorfreien Dünger dieselbe bleibt oder selbst wesentlich verbessert werden kann (also z. B. durch Düngung mit schwefelsaurem Kali), die chlorhaltigen Düngemittel in der entgegengesetzten Richtung zu wirken pflegen, also den Zuckergehalt bei den Rüben, den Stärkemehlgehalt bei den Kartoffeln, die Verbrennlichkeit beim Tabak herabzudrücken bestrebt sind. Wenn es nun auch einige Pflanzen, wie z. B. unsere Wiesengräser, Hafer und Seradella giebt, welche sehr unempfindlich gegen derartige Einflüsse sind, und auf die in manchen Fällen auch eine chlorhaltige Kalidüngung sehr günstig einzuwirken vermag, wenn es ferner Pflanzen wie Hanf und auch Flachs giebt, die unter dem Einflusse von Chloriden eine zähere Faser erwerben**), so darf doch nicht vergessen werden, daß gerade bei den stark kalibedürftigen Pflanzen häufig die Vorteile einer Kalidüngung durch die Nachteile einer Chlordüngung aufgehoben werden. Sogar der Buchweizen, der früher auf Grund von den bekannten Nobbe-

*) Vergl. die 17. Vorlesung, p. 287 des I. Bandes.

**) Für den Hanf sind sogar aus diesem Gesichtspunkte Kochsalzdüngungen empfohlen worden, und der Flachs gedeiht prächtig auf eben erst dem Meere abgewonnenen Kleiboden, wo man — charakteristisch genug — keinen Tabak bauen darf.

schen Wasserkulturen zu den gegen Chlor unempfindlichen Pflanzen gerechnet wurde, kann, wie neuere Erfahrungen lehren, chlorreiche Düngungen gar nicht ertragen. Vergl. Journ. f. Landw., 1901, p. 23.

Deshalb war für die Staßfurter Kalidüngerindustrie die Entdeckung eines Minerals unter den Abraumsalzen, aus dem die Darstellung eines kalireichen, aber chlorfreien Düngerpräparats ausführbar war, wahrhaft epochemachend. Im Jahre 1865 fand man unter den Abraumsalzen den *Kainit,* hauptsächlich in den oberen Schichten des anhaltinischen Lagers und leider in nicht allzugroßen Mengen und daher nicht als besondere „Region“ auftretend: ein in der Regel farbloses und verhältnismäßig hartes Mineral, das man bis dahin kaum beachtet hatte. Demselben kommt wahrscheinlich die Formel KCl, $MgSO_4$, $3H_2O$ zu, und es enthält also viel schwefelsaures Salz, obgleich es in dem unreinen Zustande, wie es gefördert wird, nur ± 13 % Kali einschließt*). Das Entstehen dieser Ablagerung sucht man zu erklären durch Umsetzung des Carnallits mit Magnesiumsulfat.

Eine zu Wageningen angestellte Kainitanalyse ergab die folgenden Resultate:

Feuchtigkeit	19,0 %
Kali	13,9 „
Natron	10,2 „
Magnesia	10,9 „
Kalk	1,4 „
Schwefelsäure	22,3 „
Chlor	26,2 „
Unlöslich	0,4 „
ab Sauerstoff (für Chlor)	—5,9 „ .

Natriumchlorid ist hierbei als Verunreinigung aufzufassen.

Durch einfaches „Kalzinieren“ (Entwässern durch Hitze) dieses Kainits erhält man nun ein Düngesalz, das unter dem Namen *„rohe schwefelsaure Kalimagnesia“* in den Handel kommt und nur etwa 17 % Kali, daneben 26—35 % Kochsalz, 5 bis 6 % Chlormagnesium und natürlich viel schwefelsaure Magnesia enthält. Die nur geringe Anreicherung an Kali läßt diesen Prozeß indessen wenig zweckmäßig erscheinen und überwiegend bringt man daher den nur gepulverten *Kainit* als Düngesalz in den Handel. Das noch unveränderte Mineral zeigte unter Umständen schon eine gute Düngewirkung. Man empfahl ihn zunächst zur Bereicherung des Untergrundes an Kali, da der Kainit keiner so großen absorbierenden Wirkung in der Krume unterliegt. Über eine noch viel weitergehende Bedeutung dieses Düngemittels werden wir sogleich noch zu reden haben**).

Aus dem Kainit wird außerdem eine Reihe von ziemlich chlorfreien Salzen fabrikmäßig erhalten, die bei Düngungsversuchen in Bezug auf Qualität in der Regel Gutes geleistet haben und deren Anwendbarkeit in der Landwirtschaft nur durch

*) Die ältere Formel K_2SO_4, $MgSO_4$ MgCl, $6H_2O$ ist jetzt wohl allgemein aufgegeben. Ähnliche, aber noch in kleineren Mengen vorkommende Salze sind der *Schönit* ($MgSO_4$, K_2SO_4, $6H_2O$) und der um 2 Moleküle Wasser ärmere *Astrakanit.* Vergl. van 't Hoff u. Meyerhoffer: Zeitschr. f. physik. Chemie, 1898, p. 77.

**) Das Zusammenbacken des Kainits in den Säcken kann durch Beimischung von 2½ % Torfklein vermieden werden.

den ziemlich bedeutenden Preis dieser Präparate eingeschränkt wird. Das eine dieser Salze ist das *„gereinigte schwefelsaure Kali“*, welches aus dem Kainit nach einem mehrfach patentierten, doch teilweise wieder verlassenen Verfahren*) dargestellt wird und je nach dem Preis 40—50 % Kali und nur äußerst geringe Mengen von Chlormetallen enthält. Das meiste schwefelsaure Kali Staßfurts wird jedoch wohl immer analog dem schwefelsauren Natron aus gereinigtem Chlorkalium und freier Schwefelsäure gewonnen. Zwei andere solche aus dem Kainit gewonnenen Salze bestehen wesentlich aus dem Doppelsalz von schwefelsaurem Kali und schwefelsaurer Magnesia. Das eine, die sogenannte *„krystallisierte schwefelsaure Kalimagnesia“*, enthält dieses Doppelsalz mit mehreren Atomen Wasser zusammen krystallisiert, und nur wenig Chloride (4 % etwa). Dieses krystallisierte Salz wird nun als solches in den Düngerhandel gebracht, ein anderes wasserfreies Produkt wird aber durch Kalzinieren jenes Salzes erzielt, das dann unter dem Namen *„schwefelsaure Kalimagnesia“* oder *„Patentkalimagnesia“* in den Handel kommt.

Für die beiden letzteren Salze ist also der Gehalt an Magnesia charakteristisch. Man sucht die schwefelsaure Magnesia bei der Fabrikation gar nicht zu entfernen, weil man derselben einen gewissen Düngerwert beilegt; und in der That haben wir es ja in diesem Salz mit einem Pflanzennährstoff zu thun, der sogar in dieser selben Form bei den Wasserkulturversuchen den Pflanzen mit Erfolg zugeführt wird. Dennoch ist der Düngerwert dieses Salzes für sich ein geringer, da dessen Bestandteile im natürlichen Boden meistens in genügender Menge vorhanden und auch durch Anbau noch nicht hinreichend vermindert sind, um durch ihre Zufuhr im allgemeinen erhebliche Mehrerträge erzielen zu können, und über etwaige indirekt düngende Wirkungen des Magnesiasulfats wollen wir einstweilen noch hinwegsehen.

Das krystallisierte Salz enthält 20—22 %, das kalzinierte 25—30 % Kali, während im ersteren etwa 10 %, im letzteren 13 % Magnesia nachgewiesen werden können**).

Nun zur landwirtschaftlichen Bedeutung dieses chlorarmen Salzes. Nachdem man mit den unreinen Abraumsalzen zunächst zweifelhafte Erfahrungen gemacht hatte, ging man zunächst über zur Verwendung des gereinigten Chlorkaliums, und thatsächlich war dies ein Fortschritt, da man nun wenigstens mehr Kali auf dieselbe Menge von lästigem Chlor hatte; aber für manche durch uns schon näher angedeutete Kulturen war auch auf diese Weise keine Kalidüngung möglich, ohne die Qualität des Gewächses auf Kosten der Quantität zu schädigen.

*) Vergl. auch hierüber Wagner: A. a. O., p. 140.

**) An Stelle des kalzinierten Salzes wurde auch mehrfach ein etwas geringeres Produkt, das genau dieselbe Menge von schwefelsaurem Kali, aber viel geringere Mengen von schwefelsaurer Magnesia und an Stelle dieser Wasser schwefelsaures Natron und Unlösliches enthält, unter dem Namen *„gereinigte schwefelsaure Kalimagnesia“* verkauft. Dieses Produkt wurde hergestellt durch Vermischen von zerstampftem *Kieserit*, also von schwefelsaurer Magnesia in sehr wenig löslicher Form mit schwefelsaurem Kali. Die beiden Hauptbestandteile sind in demselben nicht in äquivalenten Mengen vorhanden, bilden zusammen kein Doppelsalz, und darum soll namentlich dieses Salz für manche Zwecke weniger geeignet sein wie das krystallisierte Doppelsalz, welches eine große Löslichkeit besitzt.

Einen großen Fortschritt erhoffte man sodann durch die namentlich nach der Entdeckung des Kainits erleichterte Fabrikation der Sulfate. Aber auch hier blieb zunächst eine gewisse Enttäuschung nicht aus; denn abgesehen davon, daß die Düngerkosten sich steigerten, reagierte die Pflanze verhältnismäßig wenig auf die Sulfatdüngung, was theoretisch wenig wunder nehmen kann, wenn man bedenkt, wie fest die Verbindung ist, in welcher in diesem Falle das Kali geboten wird, und wie wenig die Pflanze, welche ja einen Überschuß von basischen Bestandteilen nötig hat, mit der Schwefelsäure beginnen kann*). Das Ausbleiben der Qualitätsschädigung bedeutet selbstredend gar wenig, wenn die quantitative Düngewirkung selber eingeschränkt wird.

Durch vielfache Versuche hatte man unterdessen reiche Erfahrungen gesammelt auf dem Gebiete der Kalidüngung**), und so entwickelte sich zuletzt die neueste Phase unserer Anschauungen, welche der Angelegenheit einen großen Stoß vorwärts gegeben hat. Man ging dazu über, wieder billige Rohsalze, natürlich die besten (verhältnismäßig chlorärmsten), also hauptsächlich Kainit, zu verwenden, aber dieselben so in die Fruchtfolge einzuschalten, daß niemals ein chlorempfindliches Gewächs die frische Düngung erhält. Auf diese Weise wird der Boden zu Nutz und Frommen einer jeden nachfolgenden Pflanze mit Kali bereichert, während das nicht absorbierbare Chlor gebunden an die Base, welche im Boden im Überschuß vorhanden ist, gewöhnlich also Kalk, in den Untergrund ausgewaschen wird. So düngt man Hafer und andere Gramineen mit Kainit, und die nachfolgenden Kartoffeln oder Zuckerrüben ziehen Vorteil davon, und ein Teil der Düngerkosten wird häufig schon gut gemacht durch den Mehrertrag der Gramineen selber. Auch Lupinen, die dann zur Gründüngung dienen, werden zweckmäßig mit einer starken Kainitdüngung versehen, welche letztere man passend, da der Dünger auch für diese Gewächse noch zu viel Chlor***) enthält, schon im Herbste oder Vorwinter giebt, um die Aus-

*) Vergl. über diese Gesichtspunkte meine Abhandlung: Landw. Versuchsst., B. 26, p. 77. In derselben wurde auf die Erwünschtheit, das Kali nicht an einen gleichen Betrag von starken fixen Säuren gebunden dem Boden einzuverleiben, sondern lieber gebunden an durch die Pflanze zu bewältigende Säuren wie Salpetersäure oder an schwache Säuren von geringer osmotischer Befähigung, die nach der Assimilation des Kalis im Boden zurückbleiben, wie Kieselsäure, Humussäure, aufmerksam gemacht. Die aus diesem Gesichtspunkt empfohlenen Torfpräparate, mit alkalischen Mineralstoffen vermischt, scheinen in neuerer Zeit in der Praxis Bedeutung zu gewinnen. Vergl.: Über den Wert des Düngers aus Torfmull und den eingedickten Laugen der nach dem Strontianverfahren verarbeitenden Melasse-Zuckerfabriken von Märcker in Biedermanns Centralbl., 1885, p. 140. In noch höherem Grade ist dies der Fall mit dem Kalisilikat, dem *Martellin,* auf welches wir noch zu reden kommen.

**) Vergl. Märcker: Die Kalisalze etc., 1880.

***) Hierbei ist namentlich zu berücksichtigen, daß der neuerdings in den Handel gebrachte Kainit nicht mehr der ursprünglichen Definition dieses Salzes und der oben angeführten Analyse, welche nur 26% Chlor nachweist, entspricht. Der Kainit scheint in manchen Bergwerken sehr sparsam vertreten oder schon erschöpft zu sein und da nichts garantiert wird als 12,4% Kali und Natronprodukt, so wird offenbar der im Überfluß vorhandene, aber ungleich chlorreichere Carnallit mit Sylvinit auf den verlangten Gehalt an Kali gemischt und als Kainit verkauft. Die Opposition des Verfassers gegen dies Verfahren (Versammlung des Verbands

spülung des Chlors schon beginnen zu lassen. Dasselbe gilt für die meisten andern Leguminosen, namentlich für Seradella, und ebenso für die Wiesen, die sich sehr dankbar für Kalidüngung in dieser Form erwiesen haben. Ja, für diesen Zweck kann auch Carnallit, wenigstens bei nicht zu großer Entfernung von Staßfurt (wegen der Transportkosten, die schwer auf dies nur 9prozentige Material drücken), eine gute Rente geben.

Für etwas weitere Entfernungen ist indessen der Kainit vorzuziehen, auch kommt in neuerer Zeit das sogenannte *Hartsalz* in Betracht, welches hauptsächlich aus Chlorkalium, Chlornatrium und schwefelsaurer Magnesia mit wenig Wasser besteht, und einen ähnlichen Gehalt an Kali besitzt wie der Kainit. Als zweckmäßigste Kalidünger haben sich neben diesem von den fabrizierten Salzen hauptsächlich das Chlorkalium und für die direkte Versorgung von chlorfeindlichen Gewächsen die Patentkalimagnesia durch langjährige Erfahrung bewährt. — Die kalireichen fabrizierten Salze werden hierbei mehr auf schwerem Boden, dessen mechanische Beschaffenheit durch allzuviel Salz leidet, angewandt*). Um dieselbe Menge von Kali zu geben, hat man von diesen je nur $^1/_2$ oder $^1/_4$ soviel nötig.

Endlich dient noch der *Kieserit*, welcher, wie wir gesehen, nichts weiter ist als schwefelsaure Magnesia mit einem Äquivalent Wasser, zur Darstellung von Düngesalzen. Derselbe wird natürlich auch nicht rein gefördert, sondern vermischt mit Kochsalz, Anhydrit und andern Körpern und muß erst durch hier nicht näher zu beschreibende Prozesse gereinigt werden. Es resultiert so ein Salz, das in den Handel gelangt, von etwa 70—76 % schwefelsaurer Magnesia, 14 % Gips, 9 % Wasser etc., und das sich wie der Kieserit selbst durch seine Schwerlöslichkeit auszeichnet. Dieses Salz heißt gewöhnlich *„rohe schwefelsaure Magnesia"*. Günstiger zusammengesetzt ist wieder der *Krugit*, der, ähnlich dem Polyhalit, neben Calciumsulfat noch Kalium- und Magnesiumsulfat enthält und in neuerer Zeit namentlich zum Einstreuen in Stallungen empfohlen wird. Leider scheinen, trotz der Benennung einer besonderen „Region" unter den Abraumsalzen nach einem von beiden, beide nicht in genügenden Mengen vorzukommen, um auf eine regelmäßige Gewinnung im großen rechnen zu können.

Wenn wir nunmehr auf die Geschichte der Entwickelung der deutschen Kalisalzindustrie im Interesse der Landwirtschaft zurückblicken, so müssen wir beobachten, daß die Bedeutung dieser Salze nach einem sehr schüchternen und von zweifelhaften Erfolgen begleiteten Beginn, nach manchen mit verkehrter Anwendung verbundenen Enttäuschungen, nun, nachdem wir diese Erfahrungen hinter uns haben, eine ganz großartige ist**). Manche der in den Handel gekommenen und noch kommenden Düngesalze sind zwar nur einer sehr beschränkten Anwendung fähig, und der hohe Gehalt an Kali wird häufig durch ungünstige Beimischungen und unpassende chemische Form seiner Bedeutung beraubt; aber seitdem man mehr und mehr gelernt hat, diese Übelstände zu vermeiden, seitdem man namentlich die kalibedürftigsten Pflanzen nicht mehr direkt düngt, sondern schon eine weniger empfind-

deutscher Versuchsstationen zu Kiel, 1895, u. Landw. Versuchsst., 1896, 47, p. 377) hat leider keinen Erfolg gehabt.

*) P. Wagner: Landw. Presse, 1897, p. 869.

**) Daher auch protektionistische Bestrebungen im Interesse der deutschen Land-

liche Vorfrucht damit versieht, dem ungünstig zusammengesetzten Dünger Zeit lassend, sich mit den Bestandteilen des Bodens umzusetzen, seitdem man m. a. W. mehr *den Boden* düngt als *die Pflanze*, kann der große Nutzen, den die Auffindung jener Stoffe für die Landwirtschaft mit sich bringt, nicht allein nicht mehr bezweifelt werden, sondern derselbe hat sich von Jahr zu Jahr mehr schlagend herausgestellt, und wenn auch für den Boden aller der Landgüter, die in Bezug auf Kali nur einen geringen Raubbau treiben — wie dies z. B. da geschieht, wo bei Stallmistbetrieb lediglich Korn und Viehprodukte ausgeführt werden —, der Ersatz des Kalis durch die Düngesalze in manchen Fällen noch nicht rentabel erscheint, so gilt doch ganz etwas anderes für die Landgüter, wo großartige und dauernde Kartoffel- oder Zuckerrübenproduktion mit vollständiger Ausfuhr dieser Produkte besteht, und wird dies in Zukunft noch mehr gelten. Auch in Nordamerika hat man, wie gesagt, schon angefangen, z. B. auf den Landstrichen, wo seit lange Baumwolle produziert wird, den Ausfall an Kali zu fühlen und denselben durch Staßfurter Salze zu ersetzen. Ein Gleiches gilt für europäische Länder, in der neuesten Zeit für Holland, wo namentlich die kaliarmen Moorböden, aber auch die diluvialen Sandböden bei intensivem Betrieb große Mengen von Kali verlangen.

Welche Bedeutung die Kalisalze, nachdem man sich einmal über deren nützlichen Gebrauch orientiert hatte, gewonnen haben und in anderen Gegenden zweifel-

---

wirtschaft, vergl. Schultz-Lupitz: Die Kalidüngung auf leichtem Boden, 1882. — Gesamtproduktion der deutschen Kaliwerke, durchschnittliche Jahresproduktion in Tonnen.

1. Geförderte Rohsalze:

Jahr	Carnallit	Kainit	Sylvinit	Steinsalz	Kieserit
1860/69	93 978	4 188	—	49 559	345
1870/79	510 915	24 147	—	73 697	174
1880/89	785 386	223 129	3 055	184 080	9 199
1890/94	808 027	541 911	41 976	301 404	5 444
1895	782 944	649 152	76 097	259 424	3 012
1896	856 223	829 686	90 390	277 884	2 841
1897	851 272	975 814	84 105	288 036	2 619

2. Von den 1897 geförderten Kaliummagnesiumsalzen wurden verwendet:

	Zu Ackerbauzwecken in Deutschland	Zu Ackerbauzwecken im Ausland	Zu chemischen Zwecken
Kainit	665 758	266 876	43 180
Carnallit	55 949	5 133	790 190
Sylvinit	3 207	28 264	52 634

3. Produkte der chemischen Kaliindustrie:

Jahr	Chlorkalium	Kaliumsulfat	Kieserit	Düngesalz 48% Kali
1880/84	121 477	600	7 060	1 700
1885/89	121 658	7 280	24 433	11 576
1890/94	135 948	15 977	27 882	8 853
1895	134 538	13 403	25 115	5 106
1896	147 680	13 889	24 988	2 137
1897	142 314	15 403	25 669	3 062

nach Erdmanns Lehrb. d. anorgan. Chemie. — Für Holland wird der Verbrauch an Rohsalzen allein auf 40000 Tonnen (1899) angegeben. Weitere Details bei Lierke: Statistik des Kaliverbrauchs (Deutsche landw. Presse, 1900).

los noch gewinnen werden, davon kann man die beste Vorstellung bekommen durch den Aufschwung, welchen das Gut des berühmten Landwirts Schultz-Lupitz nach Einführung einer neuen Wirtschaftsweise, in welchen eben Kalidüngung der wesentlichste Bestandteil ist, genommen hat. Hören wir über diesen Gegenstand, welcher wohl geeignet ist eine bleibende Rolle in der Geschichte der Landwirtschaft zu spielen, die sachverständige Darstellung des gleichfalls um die Kalidüngung hochverdienten Agrikulturchemikers Märcker*).

„Herr Schultz übernahm die wenig ertragsfähige Wirtschaft Lupitz in einem wenig beneidenswerten Zustande; bei einer schwachen und schlecht ernährten Viehhaltung wurden geringe Erträge aller landwirtschaftlichen Kulturpflanzen gemacht und eine Rente in keiner Weise erzielt. Die Sachlage verschlimmerte sich sogar noch im Laufe der Zeit, trotz aller Anstrengungen, da die Lupinen, welche bis dahin auf dem Sandboden erträglich gewachsen waren und eine gute Vorfrucht abgegeben hatten, zu versagen begannen, nur noch niedrige Erträge gaben und vor allem die Eigenschaften einer guten Vorfrucht verloren. Die Erträge waren bei Übernahme der Wirtschaft ungefähr 8 Meterzentner Roggen und ebensoviel Hafer pro ha, 80 Meterzentner Kartoffeln, 2 bis 12 Meterzentner Buchweizen, kurz, an eine Rente war nicht zu denken. Die Anwendung des künstlichen Düngers, welche eingehend studiert wurde, gab wohl hie und da gewisse Erfolge, aber dieselbe war weit davon entfernt sicher und rentabel zu sein. Die Düngung mit gebranntem Kalk brachte auch nicht die erwünschte Besserung, da sich derselbe für das anzubauende Getreide zu hitzig erwies; dagegen machte die Kalkanwendung das Land wundkleefähig, so daß man daraus die Überzeugung von der Nützlichkeit der Durchführung einer größeren Kalkanwendung in Form von Mergel gewann. Die Lupinen, welche sich als eine schlechte Vorfrucht erwiesen hatten, wurden aus der Fruchtfolge ausgeschieden, und da sie sich immerhin noch als eine gute Futterpflanze erwiesen hatten, auf einer besonderen Fläche ohne jede Düngung abwechselnd mit Schafweide angebaut. Auf diesen Äckern zeigte es sich jedoch, daß dieselben namentlich in weniger günstigen Jahren in ihren Erträgen stark zurückgingen, die Pflanzen zeigten ein verkümmertes Aussehen, blühten schwach, ohne Samen anzusetzen; der Boden war nach 5—6 Ernten vollkommen lupinenmüde geworden, und damit war die letzte Hoffnung, welche man auf diese Futterpflanze gesetzt hatte, dahingeschwunden.

„Es folgte nun aber die für die Lupitzer Wirtschaft ausschlaggebende und wichtige Beobachtung. Inzwischen waren die Staßfurter Kalisalze erschlossen und Herr Schultz versuchte die Anwendung von 3 Zentnern Kainit pro Morgen (600 kg pro Hektar) zu den Lupinen mit dem durchschlagenden Erfolg, daß das Land mit einem Schlage wieder lupinenfähig wurde und nun bis jetzt ohne jede andere Düngung sichere und hohe Lupinenernten gab. Dieselben Äcker, welche damals durch die Kalisalze kuriert wurden, geben noch heute bei gleicher, jährlich wiederholter Düngung dieselben hohen Erträge, und es folgt daraus, daß man in den Kalisalzen ein Mittel zur Abhülfe der Lupinenmüdigkeit besitzt. Dieses Mittel ist inzwischen von einer großen Zahl von Landwirten benützt worden und hat an keiner einzigen Stelle seine Wirkung versagt, so daß man mit Bestimmtheit aussagen kann, daß der Grund der Lupinenmüdigkeit in diesem Fall eine Erschöpfung des kaliarmen Bodens gewesen ist.

*) Die Kalidüngung, 1892, p. 39 u. f.

„Damit war eine wertvolle Futterpflanze gewonnen, aber den übrigen Feldern noch nicht viel geholfen, denn die Anwendung der Kalisalze zu den übrigen Feldfrüchten, welche mit voller Energie in Angriff genommen wurde, brachte nicht die erhofften Erfolge und Schultz-Lupitz entschloß sich nunmehr, sein ganzes Gut mit einem inzwischen erschlossenen, 20 % kohlensauren Kalk und 0,1 % Phosphorsäure enthaltenden Mergel zu befahren. Die mit vierzig vierspännigen Fuhren pro ha befahrenen Äcker zeigten nunmehr nach Durchführung der Mergelung eine entschiedene Neigung zur Besserung — sämtliche Kulturpflanzen zeigten namentlich unter der Darreichung von Superphosphaten einen gesunden Wuchs und reichere Ernten, die Kartoffeln wurden allerdings vom zweiten Jahre ab schorfig**), aber gaben doch hohe Ernten; angesäete Weidegräser und selbst Klee gediehen kräftig und lieferten sowohl als Weide wie zum Samenbau gute Erträge. Die Viehzucht zeigte eine größere Produktivität, die Schafherden, auf der Hälfte der früheren Weidefläche ernährt, gediehen gut; der angewendete Stalldünger wirkte ergiebiger und zeigte auch eine befriedigendere Nachwirkung — kurz, es schien eine bessere Zeit für Lupitz angebrochen zu sein. Leider währte dieselbe nicht lange, denn es zeigte sich bald, daß die Lupinen, welche immer noch eine der Hauptfrüchte blieben, von der bekannten Mergelkrankheit befallen wurden. Sie wuchsen zwar in dem gemergelten Lande die ersten zwei Jahre freudig, von da ab aber erkrankten sie und versagten später vollkommen, so daß man, da man dieselben als Gründüngungs- und Futterpflanzen auf dem leichtesten Boden nicht entbehren konnte, nunmehr schlimmer daran war als vor der Mergelung. Die intensive Anwendung der künstlichen Düngemittel hatte zwar einen vorübergehenden Erfolg, aber im Laufe der Zeit gingen die anfangs erhöhten Erträge herunter und eine Rente wurde nicht mehr erzielt. Die Mergelung allein hatte also einen dauernden Nutzen nicht gehabt, — sie hatte den Rest des Bodenkapitals mobil gemacht, und allein keine Besserung gebracht.

„Nunmehr schritt Herr Schultz, welcher aus seinen statistischen Rechnungen erfuhr, daß er in dieser Zeit wohl einen vollen Ersatz für die dem Boden entzogene Phosphorsäuremenge, aber nicht einen solchen für das Kali gegeben hatte, zunächst zaghaft zu einer ausgedehnteren Anwendung der Kalisalze, und diese hatte den großartigen Erfolg, daß die Mergelkrankheit der Lupine durch die Kalidüngung gründlich und dauernd beseitigt wurde. Der Boden, welcher durch den fortgesetzten Anbau der Lupinen und durch die Mergelung lupinenunfähig geworden war, konnte durch die Anwendung von Kainit wieder zur Produktion von vollen Lupinenernten gezwungen werden und vor allem zeigte es sich, daß die Lupine, welche vorher eine ziemlich mangelhafte Vorfrucht gewesen war, nunmehr in dem gemergelten Lande eine ausgezeichnete Vorfrucht wurde, so daß das darauffolgende Getreide einen sichtbaren Nutzen von dieser Vorfrucht hatte. Dieser Nutzen steigerte sich, als man zu dem Getreide, welches auf die Lupinen folgte, eine Düngung von Kainit-Phosphat gab, und damit war der Ausbau des Systems Lupitz (L. D.) im wesentlichen beendet; dann, als man die gewonnenen Resultate jedes Jahr bestätigt sah, wußte man, daß man durch die in gemergeltem Lande durch die Kainitdüngung erzwungene Lupine so viel Stickstoff angesammelt hatte, daß das darauffolgende Getreide nunmehr ohne

---

*) Eine Krankheit, die häufig eine Folge von Kalkdüngung ist.

jede Stickstoffdüngung nur in einer Mineraldüngung von Kainit-Phosphat ausgezeichnet gedieh und hohe Erträge brachte.

„Es mag an dieser Stelle nur das Ergebnis eines Versuchs angeführt werden, zum Beweise, in welchem Maße Herr Schultz die Erträge der Stickstoffzehrer nach den Stickstoff sammelnden Lupinen in einer Kali-Phosphatdüngung steigen sah.

Es wurde z. B. Hafer geerntet nach in Kainit angebauten Lupinen:

400 kg schwefelsaure Kalimagnesia	13,6 Meterzentner	Körner	pro	ha
250 kg Superphosphat mit 40 kg löslicher Phosphorsäure	16,4 „	„	„	„
400 kg schwefelsaure Kalimagnesia und 250 kg Superphosphat	28 „	„	„	„
Ungedüngt	10 „	„	„	„.

Aus diesem einen historisch gewordenen Beispiele erhellt die eminente Bedeutung, welche die Kalisalze für die Landwirtschaft gewinnen können, zur Evidenz.“

Zu den Gewächsen, die sich überwiegend dankbar erwiesen haben für eine Kalidüngung, gehören nach den verdienstvollen Märckerschen Zusammenstellungen alle Getreidearten, besonders der Hafer, der Lein, der Klee, die Futterrüben und auch die Kartoffeln.

Was im übrigen die Anwendung der Kalisalze betrifft, so ist bei unserer Kenntnis der Pflanzenernährung nicht mehr nötig, zu bemerken, daß sie nur die Rolle von Beidüngern spielen können, d. h. von ihrem alleinigen Gebrauch ist nur in den selteneren Fällen ein guter Erfolg zu erwarten. Doch wird solcher, wie wir schon gesehen, konstatiert bei Lupinen, und bei anderen Futter- und Gründüngungsgewächsen aus der Reihe der Leguminosen, welche manchmal die Phosphorsäure aus sehr unzugänglichen Verbindungen aufzuspüren vermögen, ist häufig dasselbe der Fall. Im allgemeinen muß man sie aber gebrauchen neben einer Düngung mit natürlichen Düngern oder neben einer spezifischen Düngung mit Stickstoff oder Phosphorsäure, wobei dies „neben“ natürlich ein Getrennt-Ausstreuen in etwas verschiedenen Zeiten oder auch ein volles Jahr nacheinander nicht ausschließt.

Die so verschiedenen und sich oft anscheinend widersprechenden Resultate der vielen angestellten Düngungsversuche haben aber allerdings auch das mit Sicherheit erwiesen, daß bei keiner anderen Düngung das Prinzip des absoluten Wiederersatzes des durch eine Ernte Entnommenen oder zu Entnehmenden sich weniger bewährt hat als gerade bei der Kalidüngung. Es sind, wie wir gesehen, weniger bestimmte Kulturen, für die sich eine Düngung mit Kalisalzen durchweg als nützlich erwiesen hat, sondern man hat mehr für bestimmte Bodenverhältnisse, vor allem für leichte Böden, Erfolge von ihr gehabt. Auf moorigen Wiesen z. B. hat man im ganzen gute Erfahrungen auch mit rohen Salzen gemacht. Meliorierte Moorböden sind wie überhaupt auf Kunstdünger häufig geradezu auf dieselben angewiesen. Dagegen will in gewissen Gegenden, namentlich auf Verwitterungsböden im Gebirge, die landwirtschaftliche Bevölkerung durchaus nichts von Kalidünger wissen und stützt sich dabei auf die Erfolglosigkeit einer größeren oder kleineren Reihe von Düngungsversuchen. Auf schweren Thonböden veranlassen die in Masse zu verwendenden rohen Kalisalze leicht eine physikalische Bodenverschlechterung, die mit der Veränderung, welche wir früher bei Salzwasserüberschwemmung kennen gelernt haben, in eine

Kategorie gehört*), daher denn der Rat, in diesem Falle wenig und konzentriertes Kali zu gebrauchen. Auch scheint man im Hochsommer, z. B. als Beidüngung zu Stoppelrüben, sehr vorsichtig mit den Kalisalzen sein zu müssen. Man giebt sie besser zu der Vorfrucht dem Roggen.

Manchmal versagt also die Wirkung oder ist, wenn sie eintritt, nicht dem Kali, sondern der Wirkung der anderen Bestandteile der Staßfurter Salze zuzuschreiben, und es ist gewiß nicht sehr schwierig, die Ursache dieses Verhaltens einzusehen. Wir haben schon hervorgehoben, daß das Kali unter den Stoffen, welche im Boden im Verhältnis zum Bedarf der Gewächse im geringsten Maße vorhanden sind, derjenige ist, der sich in seinem Vorkommen schon mehr den vielen andern Pflanzennährstoffen nähert, welche durchschnittlich im Überfluß vorhanden sind, und denen deshalb nur in seltenen Fällen eine Düngewirkung zukommt. Der Gehalt vieler Böden an Kali ist verhältnismäßig bedeutend, und bei der reinen Stallmistwirtschaft wird in Korn und Fleisch nur sehr wenig Kali weggeführt — Mengen, die meistens lange Zeit durch den Verwitterungszuschuß oder auch, wenn Wässerwiesen vorhanden sind, durch das Berieselungswasser mehr als gedeckt werden können. Nur bei intensivem Rüben- oder Kartoffelbau, und wenn alle diese Produkte nach außen verkauft werden und die mineralischen Teile derselben nicht in Melassepräparaten und Schlempe und dergl. wieder auf die Felder gelangen, oder bei der Tabakkultur, Johannisbeer- und dergl. wird auch der Kaligehalt des Bodens rapid zurückgehen können. Wenn dann solche angreifenden Kulturen zusammenfallen mit Länderstrecken, in denen infolge ihrer einseitigen Ablagerungsverhältnisse der Kalireichtum ein geringer ist, so werden die Kalidüngungen stets von Erfolg begleitet sein. Es ist also auch hier nicht eine engherzige Anwendung der Lehre vom strengen Ersatze, die uns zur Richtschnur dienen muß, sondern jene giebt uns nur einen ungefähren, freilich sehr willkommenen Fingerzeig, ob in einem näher bestimmten Falle Erfolge von einer Kalidüngung zu erwarten seien**). — Soviel an dieser Stelle. Wir werden bald noch von einem ganz anderen Standpunkte aus, auf allgemeine wirtschaftliche Betrachtungen gestützt, die Ersatzfrage zu erläutern haben.

Bevor wir ganz von den Kalidüngungen Abschied nehmen, müssen wir noch ein Düngemittel erwähnen, welches der im Vorausgehenden mehrfach erwähnten Frage der Schädlichkeit der Chloride für manche Kulturen (in der Reihe der abnehmenden Empfindlichkeit: Tabak, Kartoffeln, Zuckerrüben***) bei entschieden ausgesprochenem Kalibedürfnis seine Entstehung zu verdanken hat. In den soeben besprochenen Salzen ist das Kali an Schwefelsäure und Chlor gebunden, in einer Ackererde von alter Kraft ist es großenteils als Humat und Silikat anwesend. Das Kaliumkarbonat aber ist ein Dünger, welcher seiner ätzenden Eigenschaften wegen nicht in allzu

*) Vergl. Bodenkunde, Vorl. 10.

**) Zu erwähnen ist noch, daß Fälle vorgekommen sind, wo oben auf den Boden aufgestreute Kalisalze dem Rotwild schädlich geworden sind. Es wird wohl Gegenden geben, wo man diese Wirkung aus Haß gegen die Jagdgerechtsame willkommen heißen wird. Natürlich ist sie leicht zu beseitigen durch unmittelbares Unterpflügen oder durch dem Wilde daneben zu gewährendes wirkliches Salz.

***) Auch der Weinstock und der Hopfen werden zu dieser Kategorie gerechnet.

großer Menge verwendet werden darf*). Also kann es nicht wunder nehmen, daß man neben den Ratschlägen, die Staßfurter Salze jahrelang voraus zu geben, wobei teilweise auch Humat und Silikate gebildet werden, für Gewächse von großem Handelswert dazu überging, diese Verbindungen künstlich zu fabrizieren. Das Kaliumsilikat, für diesen Zweck erzeugt, hat man *Martellin* genannt und verzeichnet bereits hübsche Resultate in Bezug auf eine verbesserte Verbrennlichkeit des damit gedüngten Tabaks für dieses Düngemittel**).

Nach einer Wageninger Analyse enthält derselbe:

Feuchtigkeit	6,2 %	
chem. gebundenes Wasser	14,8 „	
Kali	18,4 „	(davon 17,4 % lösl. und 2 % Citronen-
Kieselsäure	51,9 „	säure).
Unlösliches	3,6 „	

und haben wir ein ähnliches nur reicheres aber weniger haltbares Produkt selber erreicht durch Zusammenschmelzen von 10 Teilen Pottasche mit 15 Teilen Sand und 1 Teil Kohlenpulver***).

Die Zukunft muß lehren, ob man mit diesem Produkte das richtige getroffen hat und ob dessen Kosten sich wirklich durch die bessere Qualität der Produkte bezahlt machen.

Neben dem Martellin verdient unter den chlorarmen Kalidüngern dann noch genannt zu werden der *Melassedünger*, ein Produkt, welches neben Kali auch etwas Stickstoff enthält und, auch in Holland, aus den Rückständen der neuerdings in Schwung gekommenen Melasseschlempebrennerei nach einem geheim gehaltenen Verfahren erzielt wird. Als verhältnismäßig billiges Abfallprodukt dürfte dieser Dünger die Konkurrenz mit dem Martellin leicht auszuhalten berufen sein †).

Mit den Kalidüngern ist dann die Reihe der spezifischen Düngemittel geschlossen; denn obgleich noch eine Anzahl von sehr einseitig zusammengesetzten Düngemitteln in sehr allgemeinem Gebrauche ist — Düngemittel, die sich durch ihren Gehalt an anderen Pflanzennährstoffen auszeichnen, z. B. wesentlich aus Kalk bestehen oder sehr schwefelsäurereich sind —, so ist doch die Düngewirkung dieser Stoffe häufiger auf andere Ursachen zurückzuführen als auf direkte Ernährung der Pflanze durch dieselben. Diese Substanzen werden dann in einer der nächsten Vorlesungen ††) als *indirekte Düngemittel* Behandlung finden.

*) Obschon die Unempfindlichkeit mancher Pflanzen in dieser Beziehung weiter geht, als man bisher dachte. Ich habe Tabak auf Sandboden gesehen, der neben Stallmist mit nicht weniger als 1000 kg Pottasche pro Hektar gedüngt war, ohne Nachteil für dessen üppiges Gedeihen.

**) Landbouwk. Tijdsch. 1899, p. 164.

***) Ein Natronwasserglas für Düngungszwecke unter dem Namen Chrysit ist auch im Handel.

†) Auch die sogen. Kaliasche, über deren geheimnisvolle Erzeugung in meinem Artikel: Landbk. Tijdschr. 1898, p. 27, einige Winke gegeben sind, und deren Gebrauch in manchen Teilen von Holland (Grafschaft Zutphen) stark zunehmend ist, gehört in die gleiche Kategorie.

††) Der dreizehnten.

Zwölfte Vorlesung.

Düngergemische und erdartige Düngestoffe. — Gemische von künstlichen Düngemitteln. — Erdartige Düngestoffe. — Berieselung.

Nach Besprechung der spezifischen künstlichen Düngemittel in den hinter uns liegenden Vorlesungen ist es heute an der Zeit, daß wir ein Wort sagen über die gemischten Dünger des Handels, die zwar in Deutschland beinahe ganz aus dem Düngerhandel verschwunden sind, aber in Frankreich aus einem mehr doktrinären Gesichtspunkte, in England aus einem mehr praktischen sich noch bis in die neueste Zeit gehalten haben.

Zunächst scheint sehr vieles für die Anwendung solcher Düngergemische, in denen z. B. die drei praktisch wichtigen Nährstoffe Stickstoff, Phosphorsäure und Kali vertreten sind, zu sprechen. Noch in der vorigen Vorlesung hatten wir bei den Staßfurter Salzen hervorzuheben, daß ihrer einseitigen Düngewirkung wegen ihre Wirksamkeit sehr häufig bedingt sei durch die Anwesenheit der beiden anderen meist wirksamen Nährstoffe. Sodann haben bestimmte Kulturpflanzen ihr spezifisches Düngungsbedürfnis. Kleeartige Gewächse gebrauchen viel Kali und Phosphorsäure, wenig Stickstoff, Tabak viel von letzterem und Kali, aber wenig Phosphorsäure. Wenn man also künstliche Düngegemische macht, welche diesem spezifischen Bedürfnisse Rechnung tragen, und sie benennt nach der Pflanze, die dadurch ernährt werden soll, z. B. als Kleedünger, Tabaksdünger u. s. w., so wird hierdurch nicht allein den eben erwähnten Umständen Rechnung getragen, sondern sogar dem Landwirte auch die nähere Kenntnis des Nährstoffbedürfnisses seiner Gewächse erspart; er braucht nur bei dem Düngerhändler das Gewächs zu nennen, das er bauen will, und erhält nach einem feststehenden Rezepte das, was er nötig hat.

Aber gerade in dem Rezeptmäßigen liegt das Übel; denn es hemmt die fortschreitende Erkenntnis und verhindert die Entwickelung einer freien Düngewirtschaft. Ein Rezept gegen den Husten mag man sich bei dem Apotheker machen lassen; dabei ist es ja ganz gleichgültig, ob es einige Groschen mehr oder weniger kostet, wenn es nur hilft. Anders in der Landwirtschaft, das ein Gewerbe ist zum Zwecke des Gewinns und dazu eines, bei dem ein scharfes Rechnen durchaus not thut. Wenn also bei der Düngung die Kosten ein sehr wichtiger Faktor sind, dann muß in erster Linie darauf hingewiesen werden, daß die natürlichen Düngestoffe, ihren Gehalt an Nährstoffen als Maßstab angenommen, mit wenigen Ausnahmen billiger sind als die billigsten künstlichen Dünger, was selbstverständlich erscheint, wenn man ihre Natur als Abfallstoffe und ihre sehr geringe Marktfähigkeit in Anschlag bringt. Eine Ausnahme hiervon ergiebt sich nur, wenn bei großer technischer

Verbesserung der Gewinnung der Handelsdünger die natürlichen Dünger, die zudem nur in engeren Kreisen verhandelt werden, diese Preiserniedrigung nicht gleich mitmachen, was aber auf einer übertriebenen Wertschätzung der letzteren, also auf Unkenntnis beruht und daher als eine wirtschaftliche Anomalie bezeichnet werden muß. Aus der aufgestellten Regel folgt aber, daß, sobald man aus den künstlichen Düngemitteln ein Gemisch darstellt, das auf eine vollständige Pflanzenernährung Anspruch macht, und wobei dann noch die Fabrikanten die Weise der Mischung mit einiger Geheimniskrämerei zu umhüllen lieben und daher verhältnismäßig hohe Preise dafür in Rechnung stellen, dieses beinahe niemals die Konkurrenz mit den natürlichen Düngern auszuhalten im stande ist. Die Rolle der künstlichen Dünger im allgemeinen ist eben nicht, die natürlichen Düngemittel zu ersetzen, sondern sie zu ergänzen; sie sind in erster Linie Beidünger neben diesen — für ganz bestimmte Fälle einseitigen Nährstoffbedarfs*), obwohl man allerdings diese Bezeichnung nicht allzu enge auffassen mag**).

Neben diesem wichtigsten Gesichtspunkte, der gegen die Düngergemische spricht, ist dann noch zu nennen die Schwierigkeit, dabei dem spezifischen Gehalte des Bodens Rechnung zu tragen, ohne irgend einen Nährstoff im Übermaß zuzuführen und also zu verschwenden, ferner die *verschiedene Unterbringungsweise* und *-Zeit* der einzelnen Bestandteile, z. B. Kali, das man zweckmäßig im Herbste giebt, Salpeter im Frühjahr; überdies der unnötige Kostenaufwand für eine zuweitgetriebene Reindarstellung der einzelnen Düngerkomponenten, wie z. B. Kalisalpeter. Endlich bereiten die Gemische der Düngerkontrolle Schwierigkeiten — man hat z. B. drei Analyselatitüden statt einer einzigen, von denen der unsolide Fabrikant den Nutzen zieht***).

*) Die Geschichte der gemischten Dünger giebt denn auch Belege für diese Anschauungsweise. Der erste Darsteller jener war natürlich Liebig, dessen Bestreben in seiner radikalsten Periode es war, den Stalldünger durch den Mineraldünger zu ersetzen. Dann wurden die Gemische aus ganz ähnlichen Gesichtspunkten von George Ville, der wohl den intimen Beziehungen zu Napoleon III. die größere Hälfte seines Rufes verdankt, „selbständig nachentdeckt". Die späteren Modifikationen seiner engrais chimiques sind ebensoviel Zugeständnisse an das Widerstreben der praktischen Verhältnisse, die sich eben einer willkürlichen Theorie nicht anbequemen. — Am zweckmäßigsten sind noch die *englischen Gemische*, die, den praktischen Verhältnissen Rechnung tragend, z. T. wirklich sehr einsichtig zusammengesetzt sind und auch mehr auf verschiedene Bodenverhältnisse Rücksicht nehmen. Aber auch sie trifft der Vorwurf eines übertriebenen Gewinnes seitens der Fabrikanten und der andere, daß sie die selbständige Erfahrung des Landwirts unterdrücken. Weitgehende Spezialisierung ist ja überhaupt die Stärke und die Schwäche des englischen ökonomischen Systems. Charakteristisch ist jedenfalls, daß überall mit dem Aufblühen der Versuchsstationen diese Rezeptwirtschaft zurückgedrängt worden ist.

**) Auf Moorboden spielen ja die Handelsdünger eine ganz hervorragende, den Stalldünger stellenweise ausschließende Rolle. Auf andern Bodenarten geht es aber bei sehr intensiver Kultur auch rein technisch zuweilen nicht an, alles, was die Pflanze bedarf, als Kunstdünger zu geben, weil dann nämlich die Konzentrationen der Bodenlösungen zu hoch werden, während aus dem Stalldünger die Pflanzennährstoffe erst nach und nach disponibel werden. Dies gilt z. B. für den Tabak und auch für die Kartoffeln.

***) Näheres hierüber in der holl. Publikation des Verfassers: Een laatste woord over de G. Ville mest: Landb. Courant, 1877, Nr. 42—44.

Im Anschlusse hieran seien dann einige allgemeine Prinzipien darüber mitgeteilt, welche Düngergemische schon aus rein technischen Gründen, weil nämlich infolge des Zusammenmischens ein Zurückgehen des Gehaltes an wertvollen Bestandteilen oder sonst eine unliebsame Veränderung zu befürchten ist, zu vermeiden sind. Vielleicht daß ein solcher kleiner Wegweiser außer den Fabrikanten den Landwirten willkommen ist; welche es der Billigkeit halber vorziehen, die verschiedenen Ingredienzien ihrer Düngungen einzeln und an verschiedenen Quellen zu kaufen, und sich daraus selbst ihr Gemisch bereiten, das auf diese Weise auf einmal ausgestreut werden kann.

Voran schicke ich dieser Auseinandersetzung nur die Bemerkung, daß der einzige Vorteil, welcher für den Landwirt im Kaufen von Mischdünger gelegen sein kann, darin besteht, daß man die Mühe eines doppelten Ausstreuens sich erspart, ein Vorteil, welcher in der Regel schon reichlich dadurch aufgewogen wird, daß die Düngerhändler sich die Mischungen ansehnlich teurer bezahlen lassen als die Summe der konstituierenden Bestandteile. Also ein großer Nachteil kann aus dem Umstande, daß die Mischungen unterbleiben müssen, niemals entstehen. Für die Händler liegen die Interessen allerdings wesentlich anders; aber man wird diese Interessen kaum als vollberechtigte bezeichnen können.

Die Ratschläge, welche in der angegebenen Richtung erteilt werden können, sind verhältnismäßig sehr einfacher Art und sie ergeben sich meist aus sehr leichtverständlichen chemischen Grundsätzen. Wertvolle chemische Bestandteile können aus Düngergemischen auf zweierlei Art verloren gehen. Entweder sie verfliegen in die Luft wie der Stickstoff des Stallmistes bei schlechter Konservierung, oder sie gehen über in eine schwerlösliche oder wenigstens für die Pflanzenwurzel schwieriger aufnehmbare Modifikation.

Der erste Fall hat ausschließlich Beziehung auf Ammoniak und Salpetersäure, der zweite Fall ebenso ausschließlich auf die Phosphorsäure, während Kali weder flüchtig ist, noch leicht in schwerlösliche Modifikationen übergeht. Ammoniak ist die Form des Stickstoffs nicht allein in dem Handelsdünger, dessen Namen ihn als solchen kennzeichnet, in dem schwefelsauren Ammoniak, sondern auch zu einem sehr großen Bruchteile in den stickstoffhaltigen Guanoarten. Solche Dünger, auch gefaultes Knochen-, Fleisch- und Blutmehl, dürfen niemals mit basischen Stoffen, wie Kalk, Asche und dergl., vermengt werden. Auch Thomasphosphat ist ein basischer Stoff und sollte niemals mit ammoniakalischem Dünger vermischt werden.

Es sind mir in der That Fälle bekannt, in welchen man gegen dieses einfache Prinzip verstoßen hat. In Deli wurde und wird viel aufgeschlossener Peruguano oder künstliche Gemische, welche diesem Dünger ähnlich sind*), zur Düngung des Tabaks gebraucht; außerdem auch viele Holzasche, welche von den Wäldern, die behufs der Urbarmachung des Landes gerodet werden müssen, herrührt. Das eine n a c h dem andern auf demselben Boden zu gebrauchen ist vielleicht zweckmäßig; aber mir ist bekannt, daß vielfach ein Gemenge von beiden Ingredienzien gemacht wird, und dies

*) So der Dünger der Firma Salomonson, der soviel bekannt aus stickstoffarmem Guano, schwefelsaurem Ammoniak und etwas Kalisalz zusammengemischt ist.

muß unfehlbar Veranlassung geben zu ansehnlichen Ammoniakverlusten*), während dieser Bestandteil, wenn erst im Boden selber Veranlassung gegeben wird zu dessen Bildung, von demselben in durchaus genügender Weise zurückgehalten wird.

Salpetersäure, als flüchtige Säure, kann natürlich durch „fixe" Säuren ausgetrieben werden, z. B. durch Phosphorsäure, welche ja als Monocalciumphosphat, nur zu einem Drittel mit Kalk gesättigt, der Hauptbestandteil aller Superphosphate ist. Hieraus ergiebt sich die Regel, die verschiedenen Sorten von Salpeter nicht mit Superphosphat zu vermengen. Die Nachteile eines solchen Zusammenmischens sind allerdings nicht in erster Linie große Stickstoffverluste, da Salpetersäure bei weitem nicht die Flüchtigkeit besitzt von Ammoniak; aber die frei werdende Salpetersäure hat, gerade insoweit als sie in dem Gemische verbleibt, einen sehr nachteiligen Einfluß auf die Säcke, dieselben korrodierend und auch selbst zu Verbrennungserscheinungen Veranlassung gebend, und endlich wird infolge der chemischen Umsetzung das Gemisch nach einiger Zeit hart und klumpig**) und kann nicht mehr gleichmäßig ausgestreut werden.

Hierin ist auch die Ursache gelegen — da dies Dinge sind, die weniger leicht der Aufmerksamkeit entgehen als Verluste an düngenden Bestandteilen —, warum die Düngerhändler vermeiden, Chilisalpetersuperphosphate in derselben Ausdehnung zu fabrizieren, als dies mit Ammoniaksuperphosphaten der Fall ist, obgleich die chemische Form der erstgenannten Gemenge für die Pflanzen sehr allgemein die günstigere ist.

In dritter Linie ist sodann darauf zu achten, daß man Dünger mit löslicher Phosphorsäure, also wieder Superphosphate nicht in Berührung bringt mit basischen Stoffen (also Kalk, Mergel, Asche, Thomasphosphat, und welchen sich in dieser Beziehung die Phosphorite noch anreihen), weil dadurch die lösliche Phosphorsäure zunächst allerdings in die kaum minder aufnehmbare, aber doch viel weniger im Boden sich verteilende, citratlösliche und, wenn die Menge der beigemengten basischen Stoffe groß genug ist, auch in schwerlösliche Phosphorsäure übergeht. Eine unwillkürliche Mischung der Art hat man in den zurückgehenden Superphosphaten vor sich, in welchen eisenhaltige Gangart (wenn aus unreinen Phosphoriten bereitet) oder unaufgelöst gebliebenes Tricalciumphosphat (wenn bei der Berechnung der zuzusetzenden Schwefelsäure Fehler gemacht worden sind) die Rolle von basischen, einen Teil der löslichen Phosphorsäure an sich ziehenden Stoffen spielen.

Auch wegen mechanischer Ursachen ist manchmal ein Mischen verschiedenartiger Düngersorten irrationell. Z. B. das schwere feine Thomasphosphat wird nicht

*) Sollte der javanische Aberglaube, nach welchem das Mischen von manchen heterogenen Ingredienzien überhaupt sündhaft ist (man spricht in diesem Falle von Seelenmischen) und wodurch die Fabrikation von Kunstdünger in den holländischen Kolonien auf Schwierigkeiten gestoßen ist, vielleicht z. T. der religiöse Ausdruck sein für derartige Erfahrungen, welche unter rationelle Gesichtspunkte zu bringen die Verstandesentwickelung der eingeborenen Bevölkerung zu gering war?

**) Dieses Hart- und Klumpigwerden zeigen auch einige unvermischte, namentlich wasseranziehende Handelsdünger nach kürzerer oder längerer Zeit, weil auch in solchen chemische Umsetzungen mit Hülfe des Wassers statthaben können. Wie bekannt, ist dieser Übelstand zu vermeiden durch Beimischen von $2^1/_2$ % Torfmull.

leicht mit dem salzartigen Kainit ein ganz gleichmäßiges Gemenge geben (obgleich die Düngerhändler, die überhaupt der Darstellung von Mischdüngern aus sehr leicht begreiflichen Gründen sehr hold zu sein pflegen, als vorteilhaft hervorheben, daß dadurch das Ausstreuen des allzu feinen Thomasmehles erleichtert werde); aber für dergleichen Dinge ist es nicht wohl thunlich und auch unnötig, allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen. Es ist ohnehin ratsam, das Thomasphosphat niemals zum Fabrizieren von Düngergemischen zu verwenden, auch noch aus weiteren chemischen Gründen, die sich schwieriger auf eine populäre Weise erläutern lassen, und in Bezug auf welche ich hier zum Schlusse nur andeuten will, daß der freie Kalk des Thomasphosphats mit dem Chlormagnesium des Kainits leicht Magnesiumoxychlorid bildet, infolgedessen, da diese Verbindung sehr bald cementartig erhärtet, die Mischung sich erwärmt und Klumpen bildet und zwar dies letztere schneller und stärker thut als der Kainit für sich allein.

Mischungen von Thomasphosphat mit Salpeter sind wieder aus einem anderen Grunde nicht anzuraten, da die Eisenteile des ersteren Veranlassung geben können zu Reduktionserscheinungen der Salpetersäure, wobei Ammoniak entsteht, das seinerseits durch den Kalk des Thomasphosphates ausgetrieben werden kann.

Im kurzen lauten also die sich ergebenden Regeln:

1) Ammoniakhaltende Stoffe nicht mit kalkigen oder alkalischen,
2) Superphosphat nicht mit den letztgenannten und auch nicht mit Salpeter
und 3) Thomasphosphat überhaupt nicht zu vermengen.

Man kaufe diese Materialien allein und streue sie nacheinander aus oder vermische sie höchstens unmittelbar vor dem Ausstreuen.

Sodann bleibt uns noch übrig, von einer Gruppe von Düngemitteln zu sprechen, welche, wie zum großen Teil auch die behandelten spezifischen Düngemittel, in ihrem Ursprung nichts mit Organismen zu thun haben, dennoch aber aus einem anderen Grunde nicht notwendig einseitig wirkende Dünger zu sein brauchen. Es sind dies die Düngestoffe, welche ihren Ursprung aus derselben Quelle herleiten wie der Boden, auf dem die Pflanzen wachsen. Bei derartigen Düngemitteln ist der Gehalt an Pflanzennährstoffen und die Düngebefähigung einfach herzuleiten aus der Anpassung des Bedürfnisses der Gewächse an die zufällig gegebene Unterlage, wovon wir schon mehrmals gesprochen haben. — Wir haben einige Düngemittel, welche streng genommen in diese Gruppe gehören, bereits berührt. Die als spezifische Kalidünger noch wenig angewendeten kalireichen Mineralien wie der Feldspat hätten z. B. auch einen Platz in dieser Kategorie finden können.

Die hierhergehörigen Düngemittel, soweit sie nicht solche ausgelesene Mineralien sind, lassen sich im wesentlichen nach zwei Gesichtspunkten ordnen. Wir können Stoffe unterscheiden, die selbst an sich nichts sind als Bodenarten. — Wir werden gleich sehen, unter welchen Umständen diesen eine düngende Wirkung zukommen kann. — Daneben können wir Substanzen unterscheiden, welche, obwohl von erdartiger Natur, sich doch schon durch ihren (denjenigen des zu düngenden Geländes weit übersteigenden) Gehalt an den gewöhnlichen Pflanzennährstoffen als eigentliche Düngemittel kennzeichnen.

In jedem Falle aber kann ein *erdartiges Material* natürlich nur als Dünger wirken, wenn seine Zusammensetzung abweichend ist von der des Bodens, auf den

es in der Absicht einer Ertragserhöhung gebracht wird. Die Ursache einer solchen abweichenden Zusammensetzung kann aber eine sehr verschiedene sein. Sämtliche einzelnen Momente der Bodenbildung, die Kultur selbst mit den Abänderungen, die sie erzeugt, als solches hinzugezählt, können hinsichtlich dieses Unterschieds wirksam sein. Unter den natürlichen oder durch die Kultur in ihren Eigenschaften abgeänderten Böden findet sich deshalb eine Menge, welche eine sehr einseitige Zusammensetzung hat, deren zwei sich aber manchmal einigermaßen bezüglich derselben ergänzen würden.

Ein ursprünglicher Boden, aus einem kalkarmen krystallinischen Gestein, z. B. Gneis, hervorgegangen, zeichnet sich häufig noch durch eine weit größere Kalkarmut aus als das darunterliegende Gestein, da sich bei der Kultur der Kalkgehalt eines Bodens (freilich nicht lediglich infolge mangelnden Ersatzes des durch die Ernte Entnommenen) ziemlich rasch zu vermindern pflegt. Nahe dabei liegt vielleicht ein geschichtetes Kalkgestein, dessen Hauptmasse aus dem dort fehlenden Stoffe besteht. Das Hinüberführen von Kalkboden auf den Gneisboden wird also unter Umständen außerordentliche Erfolge haben können und zeigt sich in sehr vielen Fällen als eine rentable Operation. Die Ursache der Wirkung ist hier nicht bloß der wirkliche Mangel an einem unentbehrlichen Nährstoffe; nebenbei kommen auch noch allerlei sekundäre Wirkungen der Kalksalze auf die Vorgänge in der Ackererde in Betracht, von denen wir in einem anderen Zusammenhange bald ausführlicher zu sprechen haben werden.

Ein ganz ähnlicher, wenn auch in der Ursache verschiedener Fall, wobei auch der Kalk die Hauptrolle spielt, ist der, daß in einer Ackererde durch fortgesetzten Anbau ohne genügenden Ersatz und die damit verbundene fortschreitende Entkalkung die Fruchtbarkeitsbedingungen zerstört, tiefer liegende Schichten desselben Bodens aber von dieser nachteiligen Veränderung unberührt geblieben sind. Bei dieser Lage der Dinge kann die Vermischung der verschiedenartigen Schichten durch Tiefumgraben, seltener einfaches Tieferpflügen, vorgenommen werden, und diese landwirtschaftliche Manipulation (Woelen oder Kleidelven holl.) ist auf tiefgründigen angeschwemmten Lehmböden, namentlich den reichen Seekleiböden der Nordseeküste, z. B. Groningen*) und Holstein, in geringerem Grade auch in den Deltas der großen Ströme, z. B. der Betuwe**), eine sehr gewöhnliche.

Interessant ist die vergleichende Analyse einer solchen Wühlerde in Vergleichung mit einem Obergrund, der zu einer Bodenverbesserung dieser Art geeignet erachtet wird, nach den eingehenden Untersuchungen des verdienten holländischen Chemikers van Bemmelen.

---

*) Dies Aufbringen geschieht in der Provinz Groningen auf die folgende Weise: Man zieht im Winter oder Frühling alle 30 Meter einen 4 Fuß breiten Graben, so tief, daß die gute Erde, die an ihrer bläulichen und krümeligen Beschaffenheit und am starken Brausen mit Salzsäure zu erkennen ist, und „Wühlerde" heißt, erreicht wird, was bei einer Tiefe von 3 Meter in der Regel der Fall ist. Die starkentkalkten harten Zwischenschichten bringt man in den Graben zurück und verteilt die Wühlerde in Mengen von ungefähr 500 Kubikmeter per Hektar über das ganze Land. Die Resultate sind zuweilen so prächtig, daß man nach einer solchen Melioration 4mal Raps nacheinander bauen kann. Vergl. Westerdjik: Landbouw. Tijdschr., 1897, p. 21.

**) Die „Insula Batavorum" Caesars zwischen Rhein und Waal.

		Saurer Obergrund sog. „Roodoorn".	*Kalkreicher Untergrund* sog. „Pijpklei".
In Königswasser löslich.	Kalk	0,24 %	7,40 %
	Magnesia	0,85 „	1,47 „
	Kali	0,82 „	0,63 „
	Natron	0,19 „	0,35 „
	Kohlensäure	0,00 „	5,67 „
	Schwefelsäure	0,17 „	1,30 „
	Chlor	0,02 „	0,16 „
	Phosphorsäure	0,16 „	0,18 „
	Eisenoxyd	4,5 „	4,2 „
	Glühverlust	16,1 „	4,3 „.

Es handelt sich also hauptsächlich um Kalkzufuhr, wie denn thatsächlich derartige saure Kleiböden auch durch Kalken verbessert werden*). Natürlich kann eine solche Wühlerde, die manchmal auch unter dem Moor gefundeu wird**), auch auf benachbartes Land gebracht werden.

Ferner gehört hierin das Überführen von Weinbergen mit Gesteinsgrus, in dem, wie z. B. in dem Röt von Unterfranken, relativ große Mengen von Kali und Phosphorsäure nachzuweisen sind***). Eines der interessantesten Beispiele ist aber entschieden das Verwenden von sog. Warferde (Terpaarde oder Wierdegrond holl.) namentlich in Friesland zur Düngung von Weideland und anderem landwirtschaftlichen Gelände. Unter Warferde ist zu verstehen die Erde der sog. Fluchthügel (Warfen) in Gegenden, die, bevor noch die schützenden Deiche errichtet waren, regelmäßigen Überschwemmungen ausgesetzt waren. Jene mußten als vorübergehende Wohnplätze für eine Überzahl von Menschen und Haustieren dienen, und wurden noch auf Kosten des Kleibodens der umliegenden Gelände von Zeit zu Zeit erhöht. So entstanden Bildungen, die in Ostfriesland und Oldenburg Warfen genannt werden, und die am besten als historische Komposthaufen bezeichnet werden können, und an deren Abbau und Benutzung die Jetztzeit beschäftigt ist. Die Düngebefähigung und der Handelswert dieser Warferde wird am besten durch einige in Wageningen angestellte Analysen erläutert †):

	Gehalt von	Stickstoff	0,3 — 1,4 % (hiervon ein großer Teil leicht zugänglich)
in verdünnter Salzsäure löslich	„ „	Phosphorsäure	0,24—1,05 „
	„ „	Kali	0,33—0,40 „
	„ „	Kohlens. Kalk	0 —3,1 „
		Glühverlust	5 —10,5 „.

*) Siehe die folgende Vorlesung.

**) Vergl. Fleischer: Landw. Jahrb., 1886, p. 180. Daselbst ist die Rede von der „Kuhlerde" in den Elb- und Wesermarschen.

***) Vergl. Hilger u. Nies: Mitteilungen etc., Würzburg 1872.

†) Vergl. auch meinen Aufsatz in Nieuwe Landb. Cour., 1887, Nr. 238. Auf dem hohen Gehalte an P_2O_5 beruht auch vermutlich die günstige Wirkung von Düngung mit Warferde auf die Eigenschaft des Weichkochens der Erbsen.

Wie man sieht, ist der Gehalt zu ungleich, um nicht das Verhandeln ausschließlich nach Analyse ratsam erscheinen zu lassen.

Weit häufiger ist es aber noch eine extreme physikalische Beschaffenheit von Bodenarten, welche zu einer Vermischung derselben drängt. Ein heller Boden wird zu wärmebedürftigen Kulturen mit dunklem Gesteinsschutt oder Moorerde überfahren. Schwere Thonböden, welche feucht und kalt sind und der Bearbeitung außerordentliche Schwierigkeiten entgegensetzen, werden mit Kalk, der die Körnelung des Bodens ändert, überstreut. Der lose Moostorf, nach dem Abbau der Hochmoore übrig geblieben, wird mit Sand aus den Gräben innig vermengt (Veenkolonien), oder es wird das Moor nach der Trockenlegung mit einer Sandschicht überdeckt (Moordammkultur). Auch sind mir Fälle bekannt, daß eine Verbesserung von Sandboden von geringer Wasserkapazität durch Moorerde rentabel gewesen ist. In allen diesen Fällen ist der Vorteil der Düngung oder Meliorierung, wie man bei bleibenden Verbesserungen gerne sagt, leicht zu begreifen. Niemals dagegen scheint es zweckmäßig zu sein, Thonböden zur Verbesserung ihrer physikalischen Eigenschaften mit Sand zu überfahren, weil dazu eine sehr große Menge Sand erforderlich wäre und dann die Verdünnung der Pflanzennährstoffe zu schwer ins Gewicht fällt, während mit wenig Kalk dasselbe leicht zu erreichen ist. Auch Thon auf Sand zu bringen ist unzweckmäßig, weil ersterer — ist kein Kalk, der dem Thon die Krümelstruktur verleihen muß, anwesend — schnell in den Untergrund gespült wird. Aus diesem Gesichtspunkt erhellt auch z. T. die Bedeutung des Mergels für den Sandboden, da Mergel häufig neben Kalk auch Thon enthält*) und diese Thonteile den Sand lehmiger machen.

Um endlich die Düngebefähigung von in Wasser *aufgeschwemmten oder gelösten Teilchen* zu verstehen, können wir uns noch mehr auf früher gemachte Ausführungen berufen. Ich erinnere an die Bodenkunde**), wo wir von der Verschwemmung der Verwitterungsmassen der Gesteine durch das bewegte Wasser gehandelt haben. Auch manche anderen der hier zu erwähnenden Düngungsmethoden lassen sich geradezu auf das dort Gesagte zurückführen.

Wir hatten in den leichtest aufschwemmbaren thonigen Teilchen die zur Bildung eines fruchtbaren Bodens wichtigsten Elemente erkannt, weil jene gleichsam das chemische Gerüst sind, an das sich durch Anziehung die meisten Pflanzennährstoffe ansetzen. Dazu kommen die Beimischungen von leicht aufschwemmbaren organischen Überresten, welche den Schlamm der Flüsse und noch mehr des Ozeans charakterisieren. Denken wir uns nun selbst über Kleiböden, welche ursprünglich aus solchem Schlamm gebildet waren, aber durch fortgesetzten Anbau einen Teil ihrer Fruchtbarkeit verloren haben, von neuem schlammführendes Wasser treten und die Bedingungen vorhanden zur Ablagerung jenes befruchtenden Schlammes, so haben wir eine Düngungsmethode, wie sie in dieser oder jener Form an vielen Orten gebräuchlich ist, und welche dann häufig alle andere Düngung unnötig macht***).

---

*) Vergl. weiter unten 13. Vorles.

**) P. 35 u. f.

***) In der Umgegend von Wageningen haben die „Uiterwaarden", Weideland den Überschwemmungen des Rheines ausgesetzt, einen um 50% höheren Wert als damit gleichstehendes Gelände innerhalb der Deiche.

Man braucht nur den Namen *Ägypten* auszusprechen und seiner vieltausendjährigen Kultur zu gedenken, um den Erfolg einer derartigen Düngungsmethode, die freilich dort weit mehr von der Natur als von Menschenhand besorgt wird, zu verstehen. Die gepriesene und immer wieder neu verjüngte Fruchtbarkeit des Nildeltas rührt bekanntlich von den Schlammablagerungen her, die der Nil auf seinem weiten Überschwemmungsgebiete alljährlich macht. Der Nilschlamm besteht aus jenen leicht aufschwemmbaren thonigen Teilchen, die wir uns als aus den im oberen Lauf dieses Flusses, vermutlich aus der abessinischen Sumpfwaldregion, mit fortgerissenen Verwitterungsmassen und erdartigem Materiale hervorgehend denken müssen. Analysen desselben im lufttrockenen Zustande von Knop*) haben ergeben:

Hygroskopisches Wasser	Glühverlust	5,70 %	14,5 %.
Chemisch gebundenes Wasser		7,63 „	
Humus		1,17 „	
Feinerde		85,5 „	

100 Gewichtsteile Feinerde enthalten:

Sulfate			1,30 %
Karbonate	von Kalk		4,00
	von Magnesia		0,28
Silikate	Kieselsäure	57,00	94,42 (hiervon in verdünnter HCl lösl. 13,42).
	Sesquioxyde (Eisenoxyd in Thonerde)	35,20	
	Monoxyde	2,22	

Diese am meisten eine Übersicht über die Konstitution des Nilschlamms gewährende Analyse wollen wir durch einzelne Angaben aus anderen Analysen ergänzen.

		In HCl lösl. **)
Kali	0,49—1,64 %	0,17—0,69 %
Natron	0,55—3,41 „	0,02—1,28 „
Phosphorsäure		0,14—1,07 „.

In dem von Peters untersuchten Schlamm waren 0,08 % organische Stoffe und 0,06 % Stickstoff durch kaltes Wasser ausziehbar.

So Verschiedenartiges die gewählten Nilschlammanalysen auch anzeigen und wie klar sie demonstrieren, daß der an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten abgelagerte Schlamm eine erheblich abweichende Zusammensetzung zeigen kann, so ist doch ersichtlich, daß man es mit einem Produkte zu thun hat, dessen leichtlöslicher Teil unter allen Umständen reich an Kali und Phosphorsäure ist. Dazu kommt der konstatierte immerhin beträchtliche Stickstoffgehalt, der, wie Peters

*) Landw. Versuchsst., B. 15, p. 16. — In späteren Nilschlammanalysen v. Knop (ebenda B. 17, p. 68) hat sich auch ein regelmäßiger Gehalt dieser berühmten Erde an Baryt herausgestellt.

**) Vergl. Peters: Jahresber. der Agrik.-Chemie, 1860—61, p. 39; Wicke: Jahresber. der Agrik.-Chemie, 1864, p. 44; Hörner: Pharm. Centralbl., 1852, p. 152. Weitere Nilschlammanalysen zusammengestellt bei Mulder: Die Chemie der Ackerkrume, I, p. 171—175. Vergl. auch A. Orth: Geognost. Durchforschung des schlesischen Schwemmlandes etc., 1872, p. 256 u. f. Eine verhältnismäßig große Gleichartigkeit der Zusammensetzung des Nilschlammes verschiedener Fundorte beweisen die Analysen Bopps: Chem. Centralbl., 1870, p. 628.

Analyse ergiebt, sogar teilweise auf Ammoniak und auf Salpetersäure zurückgeführt, zum größten Teil aber natürlich als in organischen Substanzen vorhanden gedacht werden muß. Die Anwesenheit von organischen Substanzen beweist, daß wir es im Nilschlamm nicht mit einem rein mineralischen Trümmermaterial zu thun haben, sondern daß ihm Reste von Organismen beigemischt sind*). So erklärt sich denn auch der Stickstoffgehalt, welcher in einem rein mineralischen Produkt kein erheblicher hätte sein können, und so ist denn auch in dieser Hinsicht die Fruchtbarkeit der auf solche Weise gebildeten Ablagerungen durchaus begreiflich.

Daß natürlich auf Ländereien, denen alljährlich solche Schlammmassen von neuem zugeführt werden, welche in ihrer Zusammensetzung dem Bedürfnis der Pflanzen völlig genügen, andere Düngungsmethoden entbehrlich erscheinen, versteht sich durchaus von selbst. An solchen Orten wird gleichsam immer neuer Boden durch die Kultur in Angriff genommen, und der beste Boden liegt immer zu oberst, an der Stelle, wohin naturgemäß der Pflanzenwuchs gebannt ist; daher wird die verminderte Produktionskraft des alten nicht empfunden.

Natürlich ist von der Überschwemmungskultur anderer Gegenden genau dasselbe zu sagen wie von der ägyptischen, wenn die Erfolge auch nicht immer im gleichen Maße ausgezeichnete sind. Je nach der Gebirgsart, von der die aufgeschwemmten Schlammmassen stammen, je nach der Vermischung derselben mit organischen stickstoffhaltigen Resten und je nach der Ruhe des Wassers, aus der die Ablagerung erfolgt u. s. w., kann und muß der Effekt ein sehr verschiedener sein und ist eine solche Kulturmethode als eine mehr oder minder vorteilhafte oder aber als eine nachteilige zu bezeichnen. Es giebt in der That auch, namentlich sandige, Schlammarten, die sich nichts weniger als zur Bodenverbesserung oder nur in einzelnen Fällen hierzu eignen, wie aus der praktischen Erfahrung und aus den vielfach vorhandenen Schlammanalysen hervorgeht.

Die Analyse eines Rheinschlammes, gesammelt bei Wageningen, ergab an der dortigen Versuchsstation:

Wasser		13,3 %	
Kieselsäure		0,3 „	
Eisenoxyd		3,4 „	
Thonerde		1,7 „	
Kalk	löslich in verdünnter Salzsäure	1,2 „	, davon 0,5 % kohlensaurer,
Magnesia		0,7 „	
Kali		0,13 „	
Schwefelsäure		0,24 „	
Phosphorsäure		0,24 „	
Stickstoff (leicht verfügbar)		0,03 „ .	

Frisch gebaggerter Seeschlick aus dem Hafen von Delfzijl enthielt nach der Analyse der gleichen Anstalt:

Wasser bis zur Lufttrockene 56,3 %

und in lufttrockenem Zustand:

---

*) Ehrenberg nahm 5—10% Infusorienreste im Nilschlamm an.

Feuchtigkeit	4,8 %
Kohlensaurer Kalk	11,2 „
Sand (durch Schlämmen)	11,8 „
Abgeschlämmter Thon u. Humus	72,2 „

Stickstoff total		0,36 „
Phosphorsäure	in verdünnter	0,20 „
Kali	Salzsäure löslich	0,17 „ .

Im frischen wasserhaltigen Schlamm ist also nur ungefähr auf die Hälfte der hier angegebenen Pflanzennährstoffe zu rechnen und das Austrocknen an der Luft geschieht nur langsam, so daß selbst noch nach Jahren 35 % Wasser u. dergl. gefunden wird*).

Die soeben konstatierten Gehalte bedeuten allerdings keinen Reichtum an Pflanzennährstoffen wie beim Nilschlamm, aber immerhin genug, um Acker- und Weideland zu verbessern, da ein Boden, allein aus diesem Schlamm bestehend, noch immer als ein sehr reicher gelten dürfte.

Vielfach ahmt der intelligente Landwirt, den Ratschlägen der Agrikulturchemiker folgend, diese Schlammdüngungen dem Wasser nach und bringt namentlich den Schlick der Seehäfen und Flußmündungen auf arme Sand-**) und Moorböden, die natürlich für dergleichen Beimischungen noch dankbarer sind als ein mehr oder weniger erschöpfter Kleiboden. So geschieht es in der holl. Provinz Groningen und namentlich durch die Initiative der Bremer Moorversuchsstation***) in Oldenburg und Ostfriesland. Es werden natürlich sehr große Mengen aufgebracht. 100000—200000 kg ist nicht außergewöhnlich, und ob dergleichen Meliorationen wirtschaftlich möglich sind, ist vor allem eine Frage billiger Transportmittel. Wo das Land kanalisiert ist, ergeben diese sich von selbst, wo dies nicht der Fall ist und die Eisenbahnen in den Händen des Staates sind, kann dieser durch Spezialtarife und Errichtung von Stapelplätzen die nützliche Maßregel sehr befördern. — Die Zeit des Aufbringens ist der Herbst, wo dann der Winterfrost das seine thut, den Schlamm zu pulverisieren. Die Feldfrüchte, welche sich für diese Melioration am dankbarsten zeigen, sind die Leguminosen.

Eine andere Düngungsform, welche sich ganz enge an diese eigentliche Schlammkultur anschließt, sind schließlich die Wässerungsmethoden, wie sie vorzüglich zur Wiesenkultur in Anwendung sind. Es kann freilich keinem Zweifel unterliegen, daß beinahe überall, wo jene Wässerungsmethoden gehandhabt werden, auch das reine Wasser als solches eine hervorragende Rolle spielt und häufig, zumal in heißen Ländern, ganz allein für den Erfolg in Betracht kommt. Außerdem kommt wenigstens bei

---

*) Hiermit ist natürlich beim Gebrauch und bei der Kalkulation der Transportkosten zu rechnen, wenn der Schlamm künstlich zugeführt und aufgebracht werden soll.

**) Eigentliche Heide kann indessen auf diese Weise nicht melioriert werden (Fehlen der nötigen Wasserkapazität).

***) Vergl. den interessanten Bericht von Fleischer: Hann. Land- u. Forstw. Zeitung, 1885, Nr. 10, 12, 13, und namentlich den Rapport der Commissie „outginning“ vom Niederl. Landbouw. Comité, 1896.

der eigentlichen Berieselung auch eine oxydierende Wirkung (durch in Wasser gelösten Sauerstoff) auf den Boden in Betracht, wodurch schädliche (den Wurzeln den Sauerstoff entziehende) Bestandteile in brauchbare Nährstoffe verwandelt werden — ein Gesichtspunkt, der namentlich von König-Münster in seinen einschlagenden Untersuchungen hervorgehoben worden ist. Bei allen Bewässerungen der gemäßigten Zone tritt aber neben jener zuerst ins Auge fallenden Wirksamkeit eine andere, düngende, ganz handgreiflich hervor, und dieselbe muß im wesentlichen mit auf das Deponieren eines fruchtbaren Schlammes, weniger auf Absorption von gelösten Bestandteilen durch den verarmten Boden und noch weniger (bei der häufig nur kurzen Dauer der Berührung des Wassers mit der Pflanze) auf direkte Ernährung*) durch gelöste Bestandteile zurückgeführt werden. Daher kommt es, daß bei der Bewässerung in gemäßigten Klimaten, wo sie namentlich für die Wiesen angewendet wird, so sehr viel größere Wassermengen nötig sind (im Durchschnitt wohl das 50fache) als in den heißen Ländern, wo das Wasser eben der Hauptsache nach als Wasser wirkt. Dadurch häufen sich die geringen Mengen von Nährstoffen, welche die Analyse im Wasser konstatiert und wovon, da dieselben, soweit sie nicht als Schlamm vorhanden sind, das Rieselland teilweise ungebraucht im Abwasser verlassen, nur ein Teil zur Wirkung kommt, stark an und es wird begreiflich, wie ein Rieselwasser, das nach der Wageninger Analyse nur 3,4 Milliontel Kali**) und 28 Milliontel Kalk enthielt, für eine vollständige Ernährung der reichlichen Grasernte ausreichen konnte, während die Phosphorsäure, wovon nur 0,2 Milliontel gefunden wurde, durch Düngung gegeben werden mußte.

Bei der Anlage von solchen Bewässerungen, auf deren technische Details wir hier natürlich nicht eingehen können, handelt es sich also wesentlich darum, den Schlamm abzufangen, was durch Filtration (Berieselung) oder Absitzenlassen (Überstauung) geschehen kann.

Es hat keinen Zweck, die eben angedeuteten, zum Teil außerordentlich wichtigen Düngungsmethoden hier weiter bis in ihre praktischen Einzelheiten zu verfolgen; denn wir würden damit wiederum ein Gebiet betreten, das einer theoretischen

*) Ganz anders freilich gestaltet sich die Sache, wenn man es nicht mit Bewässerungswasser rein mineralischen Ursprungs, sondern mit Abwässern, sei es nun dem Kanalwasser aus Städten, das zur Fortspülung der menschlichen Auswurfstoffe benutzt wurde, oder den mit organischen Substanzen beladenen Abwässern technischer Etablissements zu thun hat. Diese Flüssigkeiten pflegen ungleich reichhaltiger zu sein an absorbierbaren Pflanzennährstoffen als Bach- und Flußwässer, und infolgedessen wird man auch bei ihnen eher außer der bloßen Schlammablagerung ein Festhalten eines Teils der gelösten Substanzen durch den Boden erwarten können, ganz abgesehen von der direkten Aufnahme durch die Pflanze, da wo die Berieselung mit Spüljauche sehr lange fortgesetzt wird. Im anderen Falle dagegen wird häufig der ganze Nutzen auf Anfeuchtung und Schlammablagerungen, z. T. auch, wie gesagt, auf die Ausspülung schädlicher Stoffe und Oxydation durch den Sauerstoff des Rieselwassers zu setzen sein, da bei der meistens kurzen Dauer der Rieselung und noch dazu im Spätherbst und ersten Frühjahr von einer ergiebigen Einwirkung der Pflanzenwurzel auf das Rieselwasser kaum die Rede sein kann und andererseits die Erde selber häufig nicht in einem solchen Grade erschöpft ist an Pflanzennährstoffen, daß eine Anreicherung auf dem Wege der Absorption sehr wahrscheinlich wäre.

**) Vergl. Verslag der Staatscommissie omtrent bevloeiingen, 1897, p. 81.

Behandlungsweise nur in der Grundlage, aber weniger in den Details zugänglich ist und auf dem es also erst sehr unvollkommen gelingt, die in Übung befindlichen Manipulationen aus den von uns erkannten Gesetzmäßigkeiten der Pflanzenernährung herzuleiten. Auch in dieser Hinsicht muß also auf die Werke über praktische Landwirtschaft verwiesen werden.

Wieder eine andere Form der Düngung mit erdartigen Düngestoffen ist der Gebrauch der Grabenerde, wie sie z. B. auf den holländischen Wiesen und Weiden mit großer Regelmäßigkeit angewendet wird. Das Grasland liegt in diesem Falle nur wenige Centimeter über der Wasserfläche, die künstlich jahraus jahrein auf nahezu derselben Höhe erhalten wird. Die Gräben, welche zugleich dem Verkehre mit Kähnen dienen, werden von Zeit zu Zeit des Winters ausgebaggert und der Schlamm dann am Grabenrande zu starken Haufen aufgedämmt, welche monatelang an der Luft liegen, bis endlich die trockene Masse über das Grasland verteilt wird. Zum Teile dient diese Maßregel allerdings dazu, das Land in der gleichen Höhe und das Wasser in der gleichen Tiefe zu erhalten, da der Weidegang in seinem Gefolge hat, daß Erde ins Wasser getreten wird und so sich die Grenzen zwischen Wasser und Land langsam verwischen. Aber daneben ist auch die düngende Wirkung sehr deutlich, welche sehr natürlich ist, da der Schlamm aus fruchtbarer Erde und allerlei Abfall bestehend unter Wasser sich nur langsam zersetzt und nicht von der Vegetation in Anspruch genommen wurde. Das Liegen an der Luft nach den Regeln des Kompostierens ist aber nötig, da allerlei reduzierte Bestandteile, wie z. B. Schwefeleisen, sich erst oxydieren müssen.

Analysen solchen Grabenschlammes sind nur wenige vorhanden, aber auch nicht nötig, um die Wirkung zu begreifen. Ich habe einmal in einer solchen 0,6 % Phosphorsäure gefunden, während auf dergleichen Grasland 0,3—0,4 % an diesem Bestandteile keine Seltenheit ist.

Dreizehnte Vorlesung.

Die indirekt wirkenden Düngemittel. — Erläuterung von indirekt düngenden Wirkungen. — Der Gips. — Kalk und Mergel.

In letzter Linie bleiben uns endlich heute die sogenannten *indirekt wirkenden Düngemittel* zu betrachten übrig. Man bezeichnet als solche Stoffe, welche nicht fähig sind, die Pflanzen direkt zu ernähren, die aber doch durch ihre Anwesenheit in der Ackererde eine Ertragssteigerung hervorzubringen vermögen.

Es ist nach dieser Definition klar, daß auch die physikalisch wirkenden Stoffe, deren wir schon mehrfach erwähnt haben, strenggenommen als indirekt wirkende zu bezeichnen wären; allein man hat sich gewöhnt, vorzugsweise solche Düngemittel mit diesem Namen zu belegen, welche auf den ersten Anblick den wirklichen Pflanzennährstoffen sehr ähnlich sehen, vielleicht auch vor einer genauen Bekanntschaft mit dem Nährstoffbedarf der Pflanzen für solche angesehen wurden, und für die sich die indirekte Wirksamkeit erst ergab, als man experimentell festgestellt hatte, daß die betreffenden Substanzen überhaupt nicht oder wenigstens nicht in solchen Mengen pflanzliche Nährstoffe seien.

Solche indirekte Wirkungsweisen, von denen wir uns bis jetzt eine deutliche Vorstellung machen können, sind in erster Linie: die Überführung ungelöster Pflanzennährstoffe in Lösung, wodurch sie der Pflanzenwurzel leichter (örtlich oder zeitlich) zugänglich werden, sodann die Veranlassung nützlicher Reaktionen im Boden, z. B. das Neutralisieren von schädlichen Säuren. Es ist wohl kein Zweifel, daß sich deren noch mehrere ergeben werden, wenn unsere Studien über die Reaktionen in der Ackererde und die Vorgänge im Pflanzenleibe einmal vollständigere sind.

Die Überführung ungelöster Pflanzennährstoffe in Lösung, wodurch dieselben der Pflanze zugänglich gemacht werden, läßt sich wieder auf verschiedenartige Wirkungen zurückführen. Ich erinnere an die Kohlensäure, welche neben ihrer Fähigkeit, der Pflanze direkt als Nährstoff zu dienen, diese andere Wirkung auf Phosphate und Silikate ausübt. Eine ganz ähnliche indirekte Wirksamkeit kommt den salpetersauren Salzen mit dem schwefelsauren Ammoniak zu, und man war seiner Zeit sogar geneigt*), hierin gerade die Hauptursache der Düngerbefähigung jener

*) Liebig hatte besonders diese Seite hervorgehoben (vergl. Annal. der Chem. u. Pharm., B. 106, p. 185), weil ihm nach seinen damaligen Anschauungen die direkte Wirksamkeit unwahrscheinlich deuchte. Übrigens vermehrt nach Guilbert (Landw. Centralbl. 1871, II, p. 45) eine Düngung mit Ammoniaksalzen nicht die Phosphorsäure der Drainwässer. — Auf eine Schattenseite der Lösung von Phosphaten durch Salpeter hat P. Wagner in

Stoffe zu sehen; es kann aber heute keinem Zweifel unterliegen, daß wir bei den zuletzt genannten diese Wirkung nur als etwas Nebensächliches und wenigstens unter gewöhnlichen Umständen die Stickstofflieferung bei weitem als die Hauptsache anzusehen haben. — Es sind indessen keine Düngemittel im Gebrauch, deren Wirksamkeit sich ausschließlich oder vorzugsweise aus dieser Eigenschaft erklären ließe. Und die wiederholten Versuche, die freie Schwefelsäure als ein solches lösendes Düngemittel zu proklamieren, haben kläglich Schiffbruch gelitten.

Eine viel bedeutendere Rolle spielt bei der indirekten düngenden Wirkung einiger hier zu besprechenden Stoffe eine ganz andere Art der Überführung von Pflanzennährstoffen in Lösung, welche erst durch das eingehende Studium der Absorptionserscheinungen der Ackererde in das rechte Licht gestellt worden ist. Ich muß, um dieselbe deutlich zu machen, an gewisse, bei der Besprechung dieser Erscheinungen gemachten Ausführungen erinnern, aus denen sich eine derartige Wirkung mancher Stoffe klar ergiebt. Wir haben dort gesehen*), daß sich die Absorptionserscheinungen im wesentlichen auf einen in den meisten Fällen klargelegten Chemismus zurückführen lassen, und daß dabei deutliche Massenwirkungen zu Tage treten. Auf diesen letzteren beruht es im wesentlichen, daß es gelingt, ungelöste absorbierte Stoffe durch andere Stoffe, die dann für jene Absorption erleiden, in Freiheit zu setzen und in Lösung zu bringen. Dies Verhalten tritt besonders bei den Basen ganz deutlich zu Tage. Wenn man eine gewöhnliche Ackererde mit gelösten Kalisalzen in Berührung bringt, so erleidet ein Teil des Kalis Absorption; man findet dann statt dieses Kalis z. B. Kalk und Magnesia in ungefähr äquivalenten Verhältnissen und an die Säure des Kalis gebunden in der Bodenlösung vor. Allein wenn man nun umgekehrt zu dieser so veränderten Ackererde wieder ein gelöstes Kalksalz in größeren Mengen hinzufügt, oder wenn man diese Maßregel mit der ursprünglichen Erde vornimmt, so tritt genau das Umgekehrte, wenn auch nicht in demselben Grade ein; — Kali und einige andere Basen treten durch chemische Wechselzersetzung in die Lösung über, und ein Teil des Kalkes verschwindet aus derselben.

Ganz dieselben Wirkungen dürfen wir natürlich von den meisten Düngestoffen erwarten, welche auf eine gewöhnliche Ackererde, welche immer Basen im absorbierten Zustande enthält, gebracht werden. Es werden infolge des Hinzubringens neuer Salze die Zusammensetzungen der Bodenlösungen in ganz anderer Weise geändert, als wenn diese Salze in einem indifferenten festen Medium den Lösungen einverleibt worden wären. Man kann also sagen — immer als selbstverständlich vorausgesetzt, daß die in Lösungen vorhandenen Stoffe der Pflanze zugänglicher sind als die im absorptiv gebundenen Zustande —, daß eine Düngung mit einem Kalksalz zugleich eine Düngung mit Kali, mit Ammoniak u. s. w. ist**). Dieselbe Ursache also, die es bewirkt, daß eine Kalidüngung sich in ihrer Wirkung über eine große

---

einer interessanten, aber, wie mir scheint, noch nicht ganz spruchreifen Betrachtung hingewiesen. Vergl. dessen: Einige praktische Düngungsfragen, 1884, p. 39.

*) Bodenkunde, 7. Vorlesung.

**) Von Mulder ist dies mit Recht hervorgehoben worden (vergl. Die Chemie der Ackerkrume, III, p. 17). Auch Eichhorn hat frühzeitig (vergl. Jahresber. für Agrik.-Chem., 1859—60, p. 20) hierauf hingewiesen.

Periode verteilt, da anfangs Lösungen anderer Salze neben Kalilösungen entstehen und ein Teil des gebundenen Kalis absorptiv zurückgehalten wird, ist es auch, die eine Kalksalz-, eine Magnesiasalzdüngung wie eine Kali- oder auch wie eine Ammoniakdüngung wirken läßt. Wir werden sogleich bei einem der vorzüglichst indirekt wirkenden Düngemittel sehen, daß mit Wahrscheinlichkeit ein Teil der Wirkung sich auf diesen Gesichtspunkt zurückführen läßt.

Allein bei dem geschilderten Verhalten ist noch ganz besonders auf einen Umstand aufmerksam zu machen, der die Sachlage wesentlich modifiziert. Man muß nämlich berücksichtigen, daß die in Lösung übergeführten Stoffe nun in andere Bodenschichten sich verbreiten können, und daß je nach der eigentümlichen Bewurzelung der Gewächse dadurch eine für die Zweckdienlichkeit der Ernährung ganz entscheidende Veränderung bewirkt werden kann. Nach den gewöhnlichen Methoden der Düngung werden die Nährstoffe ganz einseitig den obersten Bodenschichten und selbst beim Unterpflügen nur beschränkten Bodenregionen einverleibt und bleiben dort infolge des Absorptionsvermögens und trotz der Auswaschung durch Regen, wie vergleichende Analysen der verschiedenen Schichten einer angebauten Ackererde beweisen, zumal in den schwereren Bodenarten längere Zeit ziemlich vollständig lokalisiert. Werden nun aber Stoffe hinzugebracht, die jene anderen wertvolleren Düngebestandteile aus ihrem absorbierten Zustande durch chemische Wechselwirkung verdrängen, so wird dies für diese letzteren genau so wirken wie ein sonst die Absorption schwächendes Agens, z. B. eine größere Wassermenge. In die Bodenlösung wird wieder eine gewisse Menge von jenen Düngebestandteilen übergeführt, und da die Lösungen im Boden zirkulieren, so werden auf diese Weise nun auch die unteren und benachbarten Bodenschichten etwas von der verabreichten Düngung mitbekommen, was natürlich für die Ernährung mancher, zumal tiefwurzelnder Gewächse von entscheidendem Erfolge sein kann. Man kann sich mit einem Worte so ausdrücken, daß die Stoffe, welchen jene beschriebene Wirkung zukommt, für die substituierten Nährstoffe *dislozierend* wirken, und man wird einsehen, daß eine derartige Wirkung, je nach dem Düngungsstand eines Feldes, nach der Kultur, die man gerade vornimmt, von Nutzen sein kann.

Eine weitere Behandlung indirekter Düngewirkungen ist, ohne auf ganz spezielle Verhältnisse einzugehen, nicht wohl möglich.

Zunächst ist, um vom Allgemeinen zum Speziellen überzugehen, der *Gips* ein Düngemittel, dessen Befähigung, Mehrerträge*) zu bewirken, teilweise auf solch indirekte Weise und dazu vielleicht aus mehreren Gesichtspunkten erklärt werden muß. Obgleich der Gips, dessen Anwendung in der Landwirtschaft eine sehr alte**)

*) Diese Mehrerträge sind in den meisten Fällen wirklich solche an organischer Substanz und lassen sich nicht bloß, wie aus einzelnen Düngungsversuchen hervorzugehen scheint, auf den größeren Wassergehalt der nach Gipsdüngung erzielten Pflanzenmasse zurückführen.

**) Bereits in der Römerzeit und selbst von den Griechen soll der Gips zum Düngen Verwendung gefunden haben (vergl. Hulwa: Landw. Centralbl., 1863, p. 420). Daselbst auch sonst Angaben über die Geschichte der Gipsdüngung. Eine Zeit lang (im 18. Jahrhundert) hat man den Gips als Universaldüngemittel empfohlen und ihn statt des Stallmistes zu verwenden vorgeschlagen.

ist, im wesentlichen aus zwei Pflanzennährstoffen besteht, aus Schwefelsäure und Kalkerde, und sonach die Erklärung von dessen Düngebefähigung aus seinem Gehalt an diesen Pflanzennährstoffen am allernatürlichsten erscheint, so geht doch das Urteil fast aller Sachverständigen dahin, daß hierin wenigstens nicht allein die Ursache der beobachteten Wirkung liegen könne. Man scheint zu einem solchen Urteil deshalb berechtigt, weil man den Gips in Böden eine Wirkung vollbringen sieht, welche durchaus nicht arm an den betreffenden Pflanzennährstoffen sind*).

So einig man aber im allgemeinen**) darüber mit sich war, daß der Gips nicht lediglich durch seinen Gehalt an Pflanzennährstoffen wirksam sei, so verschieden zeigten sich die Meinungen in Bezug auf die Art und Weise der indirekten Wirksamkeit***).

---

*) Es liegt allerdings nahe, auch hier wieder die bei der Mangelhaftigkeit der Bodenanalyse so natürliche Voraussetzung zu machen, daß der vorhandene Kalk und die Schwefelsäure in nicht verfügbarem Zustande gewesen sein könnten, wo der Gips eine Düngewirkung hervorgebracht habe. Doch ist dies im vorliegenden Falle an und für sich unwahrscheinlich und auch zu berücksichtigen, daß nach Analysen von Dehérain u. a. (vergl. dessen Chemie agricole, 1873, p. 439) gegipste Pflanzen keinen ihrem Kalkgehalt entsprechenden Schwefelsäuregehalt zeigen, eine Erscheinung, die nach Versuchen des genannten französischen Forschers im Zusammenhang steht mit Reduktionen der Sulfate zu Sulfiden und Entweichen des Schwefelwasserstoffs. Es ist übrigens nicht einmal nötig, diese Reduktionserscheinung für die Erklärung der erwähnten Thatsache heranzuziehen.

**) Vergl. übrigens die Ansichten Chaptals und einiger anderen: Landw. Centralbl., 1863, p. 426 u. f.

***) Liebig hat seiner Zeit eine Theorie der düngenden Wirkung des Gipses aufgestellt die sich früher großer Anerkennung erfreute. Dieselbe stützt sich auf die Eigenschaft des Gipses, welche wir bei Besprechung desselben als Desinfektions- und Konservierungsmittel für die verschiedenen Mistarten kennen gelernt haben, auf dessen Wechselzersetzung mit kohlensaurem Ammoniak, wodurch dieses zu schwefelsaurem Ammoniak wird und seine Flüchtigkeit einbüßt. In der gegipsten Ackererde sollte nun diese Reaktion von besonderer Wichtigkeit werden, weil auf diese Weise der gebundene atmosphärische Stickstoff in erhöhtem Grade zur Pflanzenproduktion herangezogen werden könnte. Das kohlensaure Ammoniak, welches mit dem Regenwasser auf die Ackererde gelangt, sollte sogleich seiner Flüchtigkeit dadurch beraubt werden, daß es sich mit Gips zu schwefelsaurem Ammoniak und zu kohlensaurem Kalke umsetzt, während im andern Falle ein kleiner Anteil wieder durch Abdunstung verloren gegangen sein würde. Die betreffende Anschauung wurde zuerst von Spazier (J. f. pr. Chemie, 1831, II, p. 89) ausgesprochen; und dann hat Liebig die betreffende Theorie (Die Chemie u. s. w., 1843, p. 71) der Düngewirkung des Gipses entwickelt. — Ob indessen das sehr verdünnte und nur zu seinem kleineren Teile in Gestalt von kohlensaurem Salze vorhandene Ammoniak des Regenwassers in einer Ackererde, welche eine Menge von Substanzen enthält, die sich mit demselben zu verbinden und es festzuhalten geneigt sind, durch Verdunstung verloren gehen kann, muß wahrscheinlich verneint werden. Vergl. hierüber Schultze: Chemie f. Landwirte, 1846, I, p. 261, und die Boussingaultschen Entgegnungen. Namentlich sind die Analysen des letzteren über die von der Ackererde eingeschlossene Luft der Liebigschen Anschauung sehr ungünstig; vergl. Agron. II, 1861, p. 92 u. 94. Auch ist es im Widerspruch mit dieser Erklärungsweise, daß gerade der mit Hülfe der Bakteriensymbiose den Luftstickstoff assimilierende und daher für Stickstoffdüngung so wenig dankbare Klee in diesem Falle durch den Stickstoff gedeihen soll.

Von hervorragender Bedeutung ist eine Theorie, deren Umrisse schon in den bereits gegebenen allgemeineren Ausführungen enthalten sind und der wir hier als der meist wahrscheinlichen das Wort reden wollen. Der *Gips* ist ein lösliches Kalksalz und vermag als solches auf andere Basen, welche sich im absorbierten Zustande in der Ackererde befinden, in der Weise einzuwirken, daß diese an seine Säure gebunden in Lösung gehen, während ein Teil des Kalkes dafür in jene ungelöste Form übergeht, aus der er die Basen verdrängt hat*). Der Erfolg dieses Vorgangs ist ein doppelter. Die Bodenlösung wird einmal reicher an einem in der Ackererde nur in sehr zurücktretenden Mengen vorhandenen Nährstoffe, der von den Pflanzen aber in großen Mengen aufgenommen wird, — an Kali. Die Gipsdüngung wirkt also, wenigstens in jenem Boden, welcher reich ist an absorbiertem Kali, wie ein Kalidüngung, ein Umstand, der für eine stark kalibedürftige Pflanze natürlich von Wichtigkeit ist.

Ferner verbreitet sich die Bodenlösung und bespült neue Erdteile mit den in ihr nun enthaltenen Stoffen, während diese sonst lokalisiert geblieben wären; sie führt tiefwurzelnden Gewächsen einen Teil der den oberen Bodenschichten einverleibten Düngestoffe, unter anderem auch hier wieder Kali zu, in der Weise, wie wir es vorhin beschrieben haben**).

*) Auf diese Möglichkeit aufmerksam gemacht zu haben ist Peters Verdienst; vergl. Jahresber. f. Agrik.-Chemie, 1865, p. 267.

**) Diese Anschauung (vergl. auch die Versuche von Déhérain: Compt. rend., T. 56, p. 965, und Chimie agricole, 1873, p. 434, u. v. Heiden: Journ. f. Landw., 1870; Jahresber., p. 70 u. f.) wird besonders für den tiefwurzelnden Klee durch Thatsachen unterstützt, weil man denselben in sehr vielen Fällen nach Gipsdüngung kalireicher gefunden, und weil sich Klee auch sonst dankbar für Kalidüngungen gezeigt hat (vergl. namentlich die von Boussingault gelieferten Zahlen, Die Landwirtschaft u. s. w., 2. Aufl., B. II, p. 122, u. Henneberg: Journ. f. Landw., 1872, p. 76). Indessen zeigen die Versuche von Kreuzhage (ebenda 1866, p. 413), daß eine Düngung mit Kalisalzen in einem Falle doch nicht das nämliche zu leisten vermochte wie eine Gipsdüngung, im Gegenteil gar keine Wirkung zeigte. Es ist ferner darauf hinzudeuten, daß der Gips gleichzeitig mehrere Basen, also auch die Magnesia (vergl. in dieser Beziehung die von Liebig erlangten Resultate, Die Chemie i. i. A., 1862, II, p. 359, und die eben citierte Heidensche Arbeit) und das Ammoniak in Lösung überführt; daß sich ferner seine lösende Wirkung auch auf die Phosphorsäure erstreckt, wie aus den Boussingaultschen Resultaten, aus gewissen Mitteilungen von Liebig (vergl. Die Chemie in ihrer Anwendung u. s. w., 1862, II, p. 356) und ebenso aus den Versuchen von Heinrich (Landw. Jahrb., 1872, p. 599) gefolgert werden kann. — Eine weitere Theorie der Düngewirkung des Gipses sowie des Kochsalzes hat Heiden in seinem Lehrbuch der Düngerlehre angedeutet. Derselbe benutzt hierzu die Thatsache, daß die Transpiration der Blätter der Luftpflanzen durch Erhöhung der Bodenlösungskonzentrationen herabgedrückt werden könne, und daß besonders der Gips in dieser Richtung Erhebliches zu leisten vermöge, und denkt sich nun, daß infolge davon Gewächse auf einem Ackerfelde von bestimmtem Wassergehalt länger auszuhalten vermöchten. Die Unwirksamkeit des Gipses gerade auf Trockenwiesen spricht aber nicht für die Richtigkeit dieser Erklärung. Auch ist noch nicht festgestellt, und nach den Burgersteinschen Versuchen sogar unwahrscheinlich, daß er in allen Konzentrationsverhältnissen transpirationsvermindernd wirkt. — Endlich ist eine künstliche Transpirationsverminderung nach früheren Ausführungen (I. Teil, Vorl. 22, p. 364) wohl nicht ausführbar ohne Schädigung der Produktion an organischer Substanz.

Folgende praktische Erfahrungen scheinen mit der von uns behandelten Theorie der düngenden Wirkung des Gipses in völligem Einklang zu stehen.

> Der Gips zeigt nur eine Wirkung auf Feldern, die sonst in gutem Düngungsstande sich befinden, gutem Lehmboden, und keine erhebliche auf abgebauten Feldern, vermutlich weil Pflanzennährstoffe in jener leichtgebundenen Form vorhanden sein müssen, damit solche durch den Gips auf die erläuterte Weise in Lösung gebracht werden können.
>
> Der Gips wirkt vorzugsweise auf tiefwurzelnde Gewächse, vermutlich da infolge jener Wirkung die Nährstoffe, welche in den obersten Bodenschichten allzu fest lokalisiert vorhanden waren, löslich gemacht und in tiefere Bodenschichten geführt werden.

Die übrigen praktischen Regeln, welche in Bezug auf die Verwendung des Gipses gegeben werden, können dagegen nicht oder nur mühsam auf jene theoretischen Gesichtspunkte zurückgeführt werden. Dahin gehört die so ausschließliche Verwendung dieses Düngemittels für einzelne Kulturen, vor allem für den Klee, Luzerne, Esparsette, welche sich doch nur teilweise durch die tiefere Bewurzelung dieser Pflanzen erklären läßt*). Eher scheint noch erklärlich die Unwirksamkeit auf trockenem Grasland.

Der Gips wird zu Klee am besten anfangs Mai bei warmfeuchter Witterung als Kopfdüngung in der Menge von ungefähr 500 kg per Hektar angewendet.

Eine ganz spezifische Wirkung zeigt endlich der Gips zufolge der interessanten Studien von Hilgard in den sodareichen Thonböden von Kalifornien und anderer regenarmer Landstriche, wobei das kohlensaure Natron in das Sulfat verwandelt und dadurch zugleich eine wohlthätige Strukturveränderung der klotzigen, ganz unbebaubaren**) Böden bewirkt wird.

Was endlich die Bezugsquelle des Gipses angeht, so findet sich derselbe bekanntlich an sehr vielen Orten als Gebirgsart. Man hat nichts zu thun, als denselben aus seinen reineren Lagen zu gewinnen und zu mahlen. Brennen des Gipses ist für seine Verwendung als Düngemittel durchaus unnötig, zuweilen selbst nachteilig***), obwohl dies zur Erleichterung der Zerkleinerung an vielen Orten zu ge-

---

*) Hierbei mag übrigens auch der Gips — und dieser Gedanke drängt sich nun gerade in der neuesten Zeit in den Vordergrund — als direktes Düngemittel in Betracht kommen und zwar als schwefelsäurehaltige Substanz. Man hat berechnet, daß durch eine durchschnittliche Kleeernte dem Boden das 3—5fache an Schwefel entzogen wird als durch eine Getreideernte. In dieser Hinsicht vergleiche man namentlich die Ausführungen Fr. Schulzes über den Gips in dessen: Chemie für Landwirte, 1846. Eine ganz ähnliche Wirkung wie der Gips übt auch häufig die schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) aus, wie z. B. die Versuche von Pinkus lehren (vergl. Versuche u. s. w. der landw. Versuchsst. zu Insterburg, 1861), was natürlich auf dieselben Gesichtspunkte zurückzuführen wäre. Die praktische Bedeutung dieser Wirksamkeit ist aber aus naheliegenden Ursachen eine weit geringere.

**) Viele Unternehmungen von Obstkulturen sind in den 80er Jahren an dieser anscheinend unüberwindlichen Bodeneigenschaft (hardpan) zu Grunde gegangen, und ist die Heilung derselben ein großer Triumph für die amerikanische Agrikulturchemie.

***) Auf sehr feuchtem Boden, weil dann beim Löschen wieder gröbere Krystalle entstehen.

schehen pflegt. Außerdem ist der Gips Abfall bei manchen Fabrikationen. So ergiebt er sich auf den Salinen als Nebenprodukt, da die kochsalzhaltigen Quellen, ihrem Ursprung gemäß, reich an jenem Stoffe zu sein pflegen; auch bei der Reinigung des Salzes durch Umkrystallisieren. Ganz neu erzeugt wird er bei der Fabrikation des Doppelsuperphosphats der Stearinsäure in den Stearinfabriken und ebenso in einigen anderen Etablissements (Kartoffelzuckerfabriken etc.) und wird als sonst nicht zu verwertender Abfall aus denselben namentlich zu landwirtschaftlichen Zwecken abgegeben. Man hat nur darauf zu achten, daß er seinen Gehalt hat, daß er trocken und feinpulverig ist.

An den Gips reihen sich unter den indirekten Düngemitteln zunächst die übrigen kalkreichen Substanzen an, der *Ätzkalk* und *Stoffe, welche wesentlich aus kohlensaurem Kalke bestehen,* wie namentlich der *Mergel.* Die sehr ähnliche Wirkungsweise des kaustischen und des kohlensauren Kalkes erlaubt es, beide einer gemeinschaftlichen Behandlung zu unterziehen. Ja man kann aussprechen, daß der im gebrannten Zustande aufgebrachte Kalk doch wesentlich als kohlensaurer Kalk in Wirksamkeit kommt, da namentlich in der kohlensäurereichen Ackererde sehr rasch ein Zusammentritt beider Substanzen erfolgen muß. Der Vorteil beim Aufbringen von Ätzkalk, bezw. gelöschtem Kalke (siehe hierüber später) beruht hiernach vorzugsweise darauf, daß, analog der Superiorität der aufgeschlossenen Phosphorsäure vor der unlöslichen, in dieser Form eine durch mechanische Mittel niemals zu erzielende feinere Verteilung im Boden ermöglicht wird*). Schon hieraus wird uns auch die praktische Regel verständlich, den Ätzkalk womöglich unterzupflügen, bevor er an der Luft unter Übergang in kohlensauren Kalk unlöslich geworden ist. Beide, der Ätzkalk und der ungebrannte Kalk, dieser namentlich in der Form von Mergel, waren wie der Gips von den Alten**) gekannt, woraus die Allgemeinheit der Wirksamkeit dieser Stoffe, welche es allein ermöglicht, ohne naturwissenschaftliche Kenntnis von der Pflanzennährung ein Düngemittel aufzufinden, zur Genüge hervorleuchtet.

Bezüglich der Wirkungsweise des nicht an fixe Säuren gebundenen Kalkes ist etwas Ähnliches zu sagen wie über die Wirkungsweise des Gipses, nämlich insofern, als ersterer noch deutlicher als dieser seine *indirekte* Wirksamkeit dokumentiert. Der Kalk wirkt häufig zumal auf schweren Bodenarten ertragserhöhend, in denen offenbar kein eigentlicher Mangel an diesem Nährstoffe herrscht***) und wo eine Erhöhung des Kalkgehaltes in den gewachsenen Pflanzen infolge einer solchen Düngung kaum nachgewiesen werden kann. Es liegt also derselbe Grund vor wie beim Gipse, wenn man auch in diesem Falle nach der Ursache einer indirekten Wirksamkeit späht.

---

*) Vergl. hierüber auch D. Meyer: Journ. f. Landw., 1900, p. 997.

**) Plinius: spricht von beiden Düngemitteln eingehend (vergl. Plinius, L. 17, p. 4; Beheim-Schwarzbach: Beitrag zur Kenntn. d. Ackerb. d. Römer, p. 89).

***) Wenn dieser herrscht, natürlich in desto höherem Grade, z. B. auf vielen Granit- und Gneißböden (vergl. Risler: Géologie agricole, I, p. 37); und ist natürlich bei Anbau von kalkreichen Pflanzen wie Leguminosen ein erhöhter Grund vorhanden, mit dieser Düngungsweise vorzugehen. Vergl. hierüber Salfeld: De ontginning etc., 1890, p. 126; auch D. Meyer: a. a. O.

In der That, wir brauchen nicht lange zu suchen, um zu erkennen, daß dem Kalke eigentümliche, in vielen Fällen kaum zu entbehrende Wirkungen im Boden zukommen, welche von einer direkt ernährenden Fähigkeit ganz auseinandergehalten werden müssen. Wir haben früher gesehen, daß die humosen Substanzen in der Ackererde unter anderem deshalb wirken, weil ihre Zersetzungsprodukte, Kohlensäure und salpetersaure Verbindungen, wichtige Pflanzennährstoffe sind und gleichzeitig Lösung von anderen Nährstoffen in der Ackererde veranlassen. Vom Ätzkalke ist es nun mit Sicherheit erwiesen, daß er in vielen Fällen die Zersetzung jener humosen Substanzen beschleunigt. Man hat Versuche angestellt, wo humose Erde vergleichsweise mit Ätzkalk gemischt und ohne denselben einem abgesperrtem Volum von atmosphärischer Luft ausgesetzt wurde*). Der Sauerstoffkonsum und die Kohlensäureproduktion war in den Fällen um das Vielfache höher, wo Kalk beigemischt war, so daß also der eben hervorgehobene Einfluß außer allem Zweifel steht. Ebenso beweisen schon die ausgedehnten Boussingaultschen Versuche, daß unter dem Einfluß von Kalk die Überführung des unverfügbaren Stickstoffs der Humusstoffe in Ammoniaksalze weit größere Dimensionen annimmt, während eine Begünstigung der Salpeterbildung durch eine Kalkdüngung mehrfach in anderen Versuchen aufgefunden werden konnte**). Auch in ammoniakhaltiger Ackererde bildet sich nach Befeuchtung mit Kalkwasser in erhöhtem Grade Salpetersäure.

Daß z. B. durch Boussingault auch in entgegengesetzter Richtung Erfahrungen gemacht worden sind, ist gegenwärtig leicht verständlich, seit man weiß, daß der Nitrifikationsprozeß außer von dem Zustande der Erde von der Anwesenheit von Spaltpilzen abhängig ist, die natürlich auch einmal fehlen oder durch einen Eingriff in ihren Lebensäußerungen geschädigt werden können. Ein hoher Gehalt an Ätzkalk schädigt auf diese Weise die Nitrifikation, während Karbonat unter denselben Umständen günstig wirkt. In betreff der Wirksamkeit der Beimischung von Kalk zu einer humosen Ackererde auf die Verwesung der organischen Bestandteile derselben ist weiter an einige früher bei Behandlung der Humusstoffe gemachte Mitteilungen zu erinnern, wo gesagt wurde, daß die humussauren Salze (in feuchtem Zustande) weit leichter an der Luft einer Oxydation zugänglich sind als die Humussubstanzen für sich. Man darf sich nicht dadurch irre machen lassen, daß der Kalk auf den frischen Mist eher konservierend wirkt, unter anderem auch, weil ja der Kalk im letzteren Falle in viel größerer Menge zugegen ist als nach einer bloßen Überdüngung des Ackerlandes mit demselben***).

Auf diese eigentümliche Wirksamkeit des Kalkes, welche sich als eine humusverzehrende charakterisieren ließe und ganz allein dieser Base in der praktischen Landwirtschaft zuzukommen scheint, weil andere Basen entweder nicht in so großen Mengen wohlfeil zu beschaffen sind, oder in dieser Form allzu energische, das Pflanzenwachstum schädigende Eigenschaften an sich tragen, läßt sich zu einem großen Teile seine Bedeutung als Düngemittel zurückführen. Bei der in Rede

*) Fr. Schulze: Chemie f. Landwirte, I, p. 677.

**) Vergl. W. Wolf, Landw. Jahrb., II, 411.

***) Vergl. Burri, Herfeld u. Stutzer: Journ. f. Landw., 1894, p. 329. Von Interesse sind auch die Untersuchungen von v. Bijlert: Mededeelingen uit 's land. Plantentuin, 26, p. 28.

stehenden Wirkung tritt manchmal die beschleunigte Erzeugung leicht verfügbarer Nährstoffe aus den humosen Substanzen, manchmal deren Verminderung an und für sich in den Vordergrund. Die Vorteile eines gewissen mäßigen Humusgehaltes einer Ackererde sind freilich bekannt genug und auch durch uns mehrfach besprochen. Dagegen treten Nachteile eines solchen Gehaltes hervor, wenn der Humusgehalt einen gewissen Prozentsatz übersteigt. Dann neigt ein solcher Boden der Feinheit seiner Hohlräume wegen und auch wegen der Quellbarkeit seiner Substanz nach früher besprochenen Grundsätzen zur Nässe. Alle kapillaren Zwischenräume desselben sind dann beinahe unausgesetzt mit Wasser erfüllt, die Luft ist fast ganz und gar von der Teilnahme an den Reaktionen in der Ackererde ausgeschlossen, und alle Bedingungen sind vorhanden zu demjenigen Verlauf des Verwesungsprozesses, der mit der Bildung von viel sauer reagierenden Humusstoffen abschließt und dessen Resultat auch der Praktiker mit dem Namen der Bildung von „saurem" Humus belegt. Es ist dies derselbe Prozeß, dessen endgültiges Produkt die Torfmoore mit ihrer spärlichen und zu Kulturzwecken ganz ungeeigneten Vegetation sind.

Es ist bei der Schilderung dieser ungünstigen Bodenbeschaffenheit ganz besonders darauf zu achten, daß Zunahme der Humussubstanzen und ein großer Wassergehalt des Bodens sich gegenseitig begünstigen, daß wir es hier mit einem Verhalten zweier Erscheinungen, von denen jede wechselweise die Ursache der anderen ist, zu thun haben, welche sich demgemäß gegenseitig bis ins Unbegrenzte zu steigern suchen, und für deren Mäßigung in der Natur kein regulierendes Moment gegeben ist. Neigt ein Boden aus irgend einer Ursache zu großer Nässe, ist also z. B. der Spiegel des Horizontalwassers in allzu großer Höhe, oder wird lokal das Bodenwasser durch eine undurchlässige Schicht am Abfluß verhindert, so geht die Verwesung der in und auf ihm sich ablagernden organischen Substanz wegen Verhinderung des Luftzutritts mit sehr großer Langsamkeit und in einer Richtung von statten, daß das Entstehen von sogenanntem sauren Humus die Folge ist. Infolge der unmäßigen Anhäufung aber von organischen halbverwesten Stoffen vermehren sich fortwährend diejenigen Eigenschaften der Ackererde (Wasserkapazität und Kälte), welche eine noch größere Hinneigung zum Wasserreichtum zur Folge haben.

Um diesen Prozeß, der sich an sehr vielen Orten der gemäßigten Klimate ohne wohlthätige Eingriffe der Menschenhand ungestört vollziehen würde, zu verhindern oder einzuschränken, ist das Aufbringen von Kalk ein wertvolles Mittel. Allein es ist nicht das einzige, denn der Kalk kann nicht das mindeste zur Beschleunigung der Verwesung beitragen, solange die Ackererde dem Zutritte der Luft den Eingang versagt. Ja ein Boden, der aus nichts anderem besteht als aus einem lockeren Kalksande, ist recht wohl einer schädlichen Humusbildung, einer Entstehung von Torfmooren zugänglich, wenn auch keiner Entstehung von eigentlichem sauer reagierenden Humus, wie dergleichen Bildungen in Süddeutschland auf dem sogen. Alm- oder Elmsande, der fast ausschließlich aus Kalk besteht, aufs deutlichste lehren*), gleichgültig ob dieser Kalk schon vor der Moorbildung anwesend war, oder aus demselben sich abgeschieden hat. Wenn man aber den Boden durch

*) Im badischen Seekreise. Vergl. auch E. Wolff: Jahresber. der Agrik.-Chem., 1865, p. 242: Vogel: Ber. d. Augsb. naturhist. Vereins 1885, p. 166.

Tieferlegen des Horizontalwassers oder Durchstechen der undurchlässigen Unterlage dem Eintritt der Luft zugänglich macht, ihn entwässert, oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, den Boden trocken legt und dann Kalk aufführt, so ist die Maßregel von Erfolg begleitet. Der Kalk beschleunigt alsdann die Zersetzung der massenhaft angesammelten organischen Substanz, während ohne denselben der Boden eine längere Zeit die „saure“ Beschaffenheit beibehalten haben würde. Der Kalk führt also jenen zu einer geeigneteren chemischen und physikalischen Beschaffenheit zurück, eröffnet außerdem infolge derselben Wirksamkeit der Vegetation reichliche bis dahin aufgesparte Quellen an zugänglicher Pflanzennahrung und wirkt in jeder Beziehung nützlich.

Eine dieser Darlegung entsprechende Melioration empfiehlt sich vor allem auf sumpfigem Terrain, nicht abgegrabenen Hochmooren und Grünlandsmooren (Laagveen holl.), während nach dem Abbau der Hochmoore der lose Moostorf (Bonkaarde holl.) zurückzubleiben pflegt, welcher nicht so sauer ist und besser durch Aufbringen von massigen Komposten mit dem aus den Gräben und Kanälen zur Verfügung stehenden Sande zu einem guten Boden verbunden wird, als daß in diesem Falle von der Kalkdüngung allzu große Vorteile zu erwarten wären. Nur eine einmalige, mäßige Kalkdüngung (1500 kg) bei der ersten Melioration ist in diesem Falle üblich. In der Menge von gleichzeitig aufzubringendem kaustischen Kalk muß man aber auch in den anderen Fällen nicht zu hoch (über 2000 kg) gehen. Dies Gebrauchen von verhältnismäßig geringen Mengen scheint in Beziehung zu stehen mit einer Verflachung der sich infolge der Kalkzufuhr rasch verzehrenden Ackerkrume (siehe Fleischer, III. Bericht über die Arb. der Moor-Vers.-Stat.). Will man stärker düngen, dann muß der Kalk mit dem Funkeschen Untergrundspflug dem ganzen Untergrund einverleibt und der Wasserspiegel gesenkt werden*).

In betreff des Chemismus, welcher durch die Einverleibung des Kalkes in einem Boden von saurer Beschaffenheit ausgeübt wird, läßt sich noch einiges weitere angeben. Es ist nicht bloß die Beschleunigung der Verwesung der Humusstoffe, welche der Kalk in einem solchen Boden bewirkt, sondern man schreibt mit Recht dieser *Base* auch eine ganz unmittelbare wohlthätige Wirkung zu. Die „sauren Humusstoffe“ sind, wie schon früher gesagt, nicht bloß ein willkürlich gewählter Name; der Ausdruck ist vielmehr auch in chemischer Beziehung einigermaßen bezeichnend, denn die so benannten Stoffe sind von ziemlich saurer Beschaffenheit und ohne Zweifel auch durch dieselbe den Kulturgewächsen schädlich. Besonders empfindliche Pflanzen sind in dieser Hinsicht: die Zuckerrüben, roter Klee, Timotheegras, Spinat; andere Pflanzen wie Brom- und Himbeeren, ferner gelbe Rüben und Serradella sind dagegen anders geartet und können das Kalken nicht ertragen**). — Die freien Humussäuren werden natürlich sehr rasch durch den Ätzkalk abgestumpft, etwas langsamer auch durch den kohlensauren Kalk.

Neben der sauren Beschaffenheit infolge von Humusbildung ist noch die gleiche Bodenreaktion infolge des Gehalts von sauren schwefelsauren Salzen oder der

*) Vergl. über diesen Gegenstand Tacke: Jahrb. der deutschen Landw.-Gesellsch., 1900, p. 212.

**) Vergl. namentlich die zahlreichen Untersuchungen des amerikanischen Agrikulturchemikers Wheeler: Bulletin 69 Agric. Exp. Station, Kingston.

Schwefelsäure selber beobachtet worden. Dies ist eine den Kulturpflanzen natürlich noch weniger zusagende Beschaffenheit, und kann in gleicher Weise durch Aufbringen von Kalk korrigiert werden.

Außerdem enthält aber fast jeder saure humose Boden infolge des Sauerstoffabschlusses und der Reduktionsprozesse, welche sich in ihm vollziehen, sein Eisen z. T. in Form von Eisenoxydul*), — einer Substanz, welche in kleineren Mengen ertragen wird, in größeren aber dem Wachstum vieler Pflanzen schädlich ist**). Diese Eisenoxydulsalze werden nun durch den Kalk zerlegt; es entsteht z. B. aus dem Ferrosulphat Gips und Eisenoxydulhydrat, das sich an der Luft außerordentlich leicht zu Eisenoxydhydrat oxydiert, in welcher Form das Eisen eher ein nützlicher Bestandteil einer Ackererde ist. Also auch hier wieder die Regel, daß alkalische Stoffe sich leichter oxydieren als saure, worauf ein so großer Teil der Wirkung des Kalks zurückzuführen ist.

Neben der eben erläuterten Wirkung des Kalks auf versumpften sauren Ländereien ist dann seine Wirksamkeit auf steifen Thonböden hervorzuheben***).

Die Thonteilchen haben um so mehr Gelegenheit, sich fest aneinanderzuschließen und einen Boden von allerschlechtesten physikalischen Eigenschaften zu erzeugen, je weniger sie von fremden Dingen auseinandergehalten werden. Am besten wirken in dieser Richtung neben dem Ausfrieren†), welches hier unbesprochen bleiben muß, verwesende organische Stoffe, viel schlechter der Sand, vorübergehend günstig auch eine Kochsalzlösung, vorübergehend, weil nach der Auswaschung derselben die eine Wirkung in die andere umschlägt und der Boden sich plötzlich schließt, daher gerade das Salz besonders schädlich ist.

Ähnlich wirkt auch der Kalk, aber da er nicht so rasch ausgewaschen wird, ist die Verbesserung eine bleibende, und es sind gerade steife kalkarme Thonböden, für welche sich zeitweilige Herbstdüngungen mit Kalk empfehlen††). Dies ist auch der Grund, warum auf Thonböden so große Mengen von Kalk (5000 kg pro Hektar, auch zuweilen noch mehr) verwendet werden müssen, während Sandboden für reine Kalkdüngungen viel undankbarer und auf ihnen womöglich thonhaltige, natürliche Kalksorten (Mergel) angezeigt sind. Um so öfter müssen diese Kalkdüngungen wiederholt werden, je mehr man daneben rohe Kalisalze verwendet, da durch diese Salze der Kalkgehalt des Bodens besonders rasch ausgelaugt wird†††).

---

*) Daß diese Wirkung wirklich von humosen Stoffen ausgeübt wird, ist von Detmer (Landw. Versuchsst., XIV, p. 292) experimentell nachgewiesen worden.

**) Vergl. Journ. f. Landw., 1892, p. 19.

***) Eine Andeutung hierüber ist schon in der 10. Vorlesung der Bodenkunde p. 161 geschehen.

†) Biederm. Centralbl., 1899, p. 585.

††) Über die Wirksamkeit des Kalks als Lockerungsmittel schwerer Bodenarten vergl. auch F. Schulze: Jahresber. f. Agrik.-Chem., 1866, p. 48, u. namentlich Schlösing: Compt. rend., 1870, Juni 20, und p. 149 der ersten Abteilung dieses Teils. Vergl. auch Sachße und Becker: Landw. Versuchsst., 43, p. 15, und namentlich Puchner: Forsch. a. d. Geb. d. Agrik.-Phys., 89, p. 195. Es ist mir ein Beispiel bekannt, wo zwei Jahre nach dieser Maßregel (10000 kg pro Hektar) die Steifheit so vermindert war, daß der Kraftmesser beim Pflügen eine Arbeitsersparnis von 25 Prozent nachwies.

†††) Landw. Presse, 1897, p. 215.

Hiermit sind die hervorragendsten Wirkungen von Kalk auf den Boden erledigt. Nebensächliche ergeben sich allerdings noch eine ganze Reihe, über deren Besprechung wir aber hier hinweggehen, da die behandelten Gesichtspunkte für eine volle Würdigung dieser Düngungsweise genügen*).

Wenn man für die Melioration von versumpftem Gelände sowohl als von Thonboden gewöhnlich gebrannten Kalk wählt, so wird, wie schon angedeutet, im Falle man dem Sandboden Kalk zuführen will, hierzu meistens eine Erdart, die nur besonders reich an kohlensaurem Kalke ist, der sogenannte *Mergel,* verwendet. Es ist dieses eine feinpulverige Ablagerung**), deren Hauptbestandteil kohlensaurer Kalk ist, die aber manchmal auch mit Thon oder mit Sand vermischt ist und je nach dem Charakter dieser Beimengung eine entsprechende Bezeichnung erhält. Das Aufbringen von Mergel, welches oft in außerordentlich großen Mengen (bis zu 100 000 Kilo pro Hektar***) geschieht, gehört z. T. in das schon behandelte Kapitel der Düngungsmethoden, welche auf einem Vermischen von Erdarten beruhen; doch sind die Gesichtspunkte, aus denen sich der Nutzen eines solchen Verfahrens herleitet, teilweise dieselben, welche wir soeben für die Zweckmäßigkeit des Kalkens hervorgehoben haben.

*) Dem Ätzkalk kommt auch schon in der Kälte (in unvergleichlich viel höherem Grade freilich in der Glühhitze) die Fähigkeit zu, zur Aufschließung der schwersetzbaren Silikate beizutragen, d. h. die Verwitterung derselben zu beschleunigen. Dabei werden dann kalkhaltige Silikate gebildet, und andere vorher diesen Verbindungen angehörigen Basen, von denen hier wieder das Kali von hervorragender Wichtigkeit ist, werden in Freiheit gesetzt oder wenigstens in einen leichtlöslichen Zustand übergeführt. — Dann wäre noch der eigentümliche, von der Agrikulturchemie häufig vernachlässigte, aber für den landwirtschaftlichen Pflanzenbau bedeutungsvolle Fall zu erwähnen, daß der Kalk manche Pflanzen wie den Klee durch einseitige Begünstigung desselben bis zu einem gewissen Grade vor Verunkrautung schützt, während z. B. Stickstoffdünger mehr die wettbewerbenden wilden Pflanzen poussieren. (Vergl. die früher angeführten Rothamstädter Versuche, auch Heinrich: Fühlings landw. Zeit., 1873, p. 9.) Solche Gesichtspunkte können natürlich für die Wahl eines Zusatzdüngemittels entscheidend sein. — Um die so allgemeine Wirksamkeit des Kalkens völlig zu verstehen, muß man auf den Umstand achten, daß der Kalkgehalt eines Bodens wenigstens in regenreichen Gegenden (jedenfalls infolge der Auswaschung, hauptsächlich von Kalknitraten, -Karbonaten, -Sulfaten, durch den Regen) stetig abzunehmen pflegt — in einem Grade, daß ursprüngliche Kalkböden zu solchen werden können, die nur noch wenig oder keinen kohlensauren Kalk mehr enthalten. Vergl. vorzüglich: Jahresbericht d. Agrik.-Chem., 1866, p. 8, und van Bemmelen: Landw. Versuchsst., 1866, p. 259. Vergl. auch über diesen ganzen Gegenstand Boussingault: Agronomie, III, 1864, p. 149—205.

**) Analysen der in Holland vorkommenden Mergelsorten findet man bei Staring: Verslagen en Mededelingen d. Kon. Akad. v. Wetensch. Afd. Natuurk. Deel 10, p. 137. Neuere in Tijdschrift der Heidemaatschappij, 1894, 5. Einige Mergelanalysen haben wir bereits früher in p. 51, 1. Abteilung, mitgeteilt. Doch verdienen nur solche von einem hohen Gehalte an kohlensaurem Kalke für Düngungszwecke in Betracht zu kommen. Sehr umfassende Angaben über Mergellager bei Keilhack: Landw. Presse, 1895, Nr. 95.

***) In den prakt. Handbüchern findet man häufig Mergeltabellen, in welchen die aufzubringenden Mengen mit dem Gehalte des Mergels an Kalk und mit der Tiefe der Ackerkrume in Beziehung gebracht werden und zwar in geradem Verhältnisse zur letzteren, in umgekehrtem zum ersteren.

Beim Mergeln kommt aber noch nebenbei der manchmal nicht unbeträchtliche Gehalt an Phosphorsäure und anderen wertvollen Pflanzennährstoffen in Erwägung; und man sucht außerdem durch dasselbe die physikalische Beschaffenheit eines leichten Bodens ganz direkt zu ändern, während der kohlensaure Kalk sich entsprechend seiner Zusammensetzung etwas weniger zur Entsäuerung von Moorböden und den anderen oben beschriebenen Wirkungen, zu denen der Ätzkalk besonders tauglich ist, eignet. Natürlich ist bei ihm wie bei allen an sich unlöslichen Düngemitteln auf die Feinpulverigkeit*) großes Gewicht zu legen.

Dagegen hat man in neuester Zeit bemerkt**), daß gelöschter Kalk durch seine stark alkalischen Eigenschaften die auf Bakteriensymbiose beruhende Knöllchenbildung an den Wurzeln der Leguminosen bisweilen zu hintertreiben geneigt ist, daher für den Anbau stickstoffsammelnder Gewächse der Mergel vor dem Kalke den Vorzug verdient. Dies ist ein neuer Gesichtspunkt, der auch bei der Verwendung des gleich zu besprechenden Gaskalkes in Anmerkung genommen zu werden verdient und vielleicht auch für die Wiesendüngung nicht ohne Bedeutung ist.

Es ist nach dem über Kalk- und Mergeldüngung Gesagten nicht mehr nötig hinzuzusetzen, daß die Zufuhr dieser Stoffe in keiner Weise für andere Düngungsmethoden stellvertretend vorgenommen werden kann. Es geht dies nicht bloß aus dem einfachen Umstande hervor, daß jene Düngemittel viele der wertvollsten Pflanzennährstoffe gar nicht in sich enthalten, sondern auch aus jenem anderen Gesichtspunkte, daß für die meisten Bodenarten die Einverleibung von organischen Stoffen, die dort einer langsamen Verwesung unterliegen, durchaus Bedürfnis ist. Die kalkigen Düngemittel enthalten keine derartigen organischen Stoffe in sich, tragen vielmehr zur Zerstörung der noch im Boden vorhandenen Humusstoffe mit großer Energie bei. Von einem gewissen Zeitpunkt nach einer vorgenommenen Kalkung und Mergelung an ist daher die Zufuhr einer Stallmistdüngung dringendes Bedürfnis, ohne dessen Befriedigung die Ertragsfähigkeit des Bodens sehr wesentlich beeinträchtigt wird, und zwar gilt es hier ein Bedürfnis, welches infolge des schnelleren Umsatzes des Düngerkapitals rascher zu Tage tritt, als es sonst sich geltend gemacht haben würde. Das Aufbringen von Kalk oder Mergel macht einen reichen Boden momentan zu einem fruchtbaren, aber auch zu einem „hungrigen", und nur zu einem dauernd fruchtbaren, wenn dieser Hunger regelmäßig befriedigt wird. Aus diesen Worten erhellt das Wesen des Kalkens und der Mergelung in wirtschaftlicher Beziehung, und wo man diese verkennt, wo man Düngung mit Düngung ohne weitere Berücksichtigung des Charakters derselben identifiziert und infolgedessen glaubt, durch starke Mergelung den Stalldünger (oder dessen Stellvertreter) ersetzen zu können, da trifft dann das bekannte Sprichwort zu: „Der Mergel macht reichen Vater, aber armen

---

*) Über die größere Wirksamkeit feiner Sorten vergl. Ulbbricht: Landw. Versuchsst., 52, p. 428.

**) Salfeld: Deutsche landw. Presse, 1894, Nr. 83. Die bei dem betreffenden Versuche schädlich wirkende Menge Kalk war 2000 kg per Hektar. In Topfversuchen hat sich dagegen diese schädliche Wirkung des Kalkes nicht bestätigt. (Vergl. Tacke: Mitt. des Vereins zur Förderung der Moorkultur, 1895, p. 389.) Dagegen hat man später gesehen, daß die Mergel geradezu als Impferde gebraucht werden kann. Vergl. Jaspers: Landw. Presse, 1895, p. 266.

Sohn"*), dessen Einseitigkeit indessen andererseits nach der eben gegebenen Darstellung klar zu Tage liegt.

Was die praktische Verwendung von Kalk und Mergel betrifft, so richtet sich dieselbe begreiflicherweise viel mehr nach dem Boden als nach der angebauten Pflanze. Bezüglich der Stärke der Düngung kann gesagt werden, daß der kohlensaure Kalk und also auch der Mergel, namentlich der thonige, in sehr großen Mengen Verwendung finden kann, da es ja Bodenarten giebt, die beinahe ganz ausschließlich und unbeschadet ihrer Fruchtbarkeit wesentlich aus diesen Materialien bestehen. Bezüglich der anzuwendenden Mengen ist viel mehr der Kostenpunkt zu berücksichtigen als der Maßstab der Zweckmäßigkeit an sich. Doch kann die Menge von 6000 kg bei reichen Mergelarten im allgemeinen als eine zweckmäßige bezeichnet werden**). Etwas anderes gilt natürlich für den Ätzkalk; derselbe darf natürlich wegen des schädlichen Einflusses alkalischer Substanzen auf das Pflanzenwachstum nur in begrenzten Mengen, gewöhnlich 1600—3000 Kilogramm per Hektar (nur auf steifen Thonböden giebt man mehr, bis 10000 kg) und unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln (nur auf dem vegetationsleeren Boden am besten im Spätjahr) auf die Felder gebracht werden. Der Ätzkalk wird am besten als gebrannter Kalk angekauft und selbst zu einem feinen Pulver gelöscht und dann gleichmäßig ausgestreut.

Nach dem Aufbringen ist viel Sorge auf die gute Mischung mit der Erde zu verwenden. Am besten eggt man zuerst, um nachher noch flach unterzupflügen***). Mergel läßt man vor dem Verteilen gerne durchfrieren, was das Auseinanderfallen größerer Brocken bewirkt.

Von verschiedener Seite wurde in neuerer Zeit auf die Gefahr des Düngens mit dolomitischen Kalken und Mergeln aufmerksam gemacht, indem man von dem Magnesiagehalte eine schädliche Wirkung glaubte ausgehen zu sehen. Noch öfter wurde dieser Erfahrung widersprochen. In Wahrheit wird es sich wohl so verhalten, daß der Magnesia allerdings, obwohl sie an und für sich ein notwendiger Nährstoff ist, in besonders extremen Fällen die früher†) angedeuteten Schädigungen zugeschrieben werden müssen, daß aber diese Schädigungen gerade bei Anwesenheit von Kalk, also auch bei Düngungen, die großenteils aus Kalk bestehen, wenig Chance haben einzutreten. Immerhin wird man aus der Möglichkeit von dergleichen Einflüssen den Schluß ziehen dürfen, daß man auf magnesiareichen Böden und namentlich neben magnesiareichen Staßfurter Salzen mit Dolomitkalken vorsichtig sein soll. Sonst sind die letzteren aber ebenso gut wie die gewöhnlichen Kalke und die Bestimmung des Karbonatgehaltes der Maßstab ihres Wertes††).

---

*) Die gleiche Erfahrung infolge einer zu einseitigen Verwendung der Mergelung ist in dem Ausdruck „ausgemergelt" niedergelegt, der ursprünglich vom Boden gebraucht worden zu sein scheint.

**) Nach Märcker so viel Mergel, daß derselbe 4000 kg. CaO enthält, und alle 7 Jahre wiederholen.

***) Vergl. Ber. d. Versuchsst. Köslin 1899. Daselbst überhaupt viele nützliche Details über Kalkdüngung.

†) Band I, 18, Vorl., p. 301.

††) Vergl. auch Landbk. Tijdschr. 1896, p. 382.

Zwischen Kalk und Gips gewissermaßen in seiner Wirkung mitteninnestehend ist sodann an dieser Stelle eines Abfallproduktes zu gedenken, das häufig in kleineren Mengen beinahe kostenfrei zu haben ist, allerdings aber auch nur mit großer Vorsicht verwendet werden darf. Ich meine den *Gaskalk* aus den Kalkreinigern der Gasfabriken. Wir fanden in Wageningen die Zusammensetzung derartiger Produkte:

Wasser	29—30 %
Calciumhydroxyd (gelöschter Kalk)	33—41 „
kohlensaurer Kalk	12—17 „
Gips und schwefeligsaurer Kalk und etwas Schwefelcalcium	11—20 „
Rhodancalcium und Cyancalcium	Spuren
Ammoniak	0,01 % *).

Die Gefahr liegt in dem schwefeligsauren Kalke und dem Schwefelcalcium**), daher es geboten ist, das Produkt an der Luft auszubreiten, bevor man es verwendet. Am besten erscheint es, den Gaskalk ausschließlich zur Kompostbereitung zu verwenden und solchen Kompost etwa zu gebrauchen wie Mergel.

Als weiteres Düngemittel, das an dieser Stelle wenigstens noch erwähnt zu werden verdient, ist das *Kochsalz* zu nennen. Bei dieser Substanz schien man um so weniger daran zweifeln zu können, daß seine Wirkung eine wesentlich indirekte ist, da, wie man sich früher auszudrücken pflegte, dieselbe keine pflanzlichen Nährstoffe in sich enthält. Aber wir dürfen die Gelegenheit nicht vorbeigehen lassen, um hinzuzufügen, daß durch die am Schlusse unserer Behandlung der Bedeutung der Aschenbestandteile***) besprochenen Folgerungen aus den lange Jahre fortgesetzten Versuchen von E. v. Wolff die ganze Frage nach der Düngewirkung des Kochsalzes sowie der anderen Stoffe, für welche die wahrgenommene Wirkung nicht einfach aus der älteren Lehre der Pflanzenernährung abgeleitet werden kann, in ein neues Stadium gerückt ist. Aus diesen Versuchsresultaten würde natürlich für die Praxis zu folgern sein, daß zumal für ein Gewächs von großer Massenentwickelung neben bestimmten Mengen von einzelnen verfügbaren Pflanzennährstoffen ein gewisser Prozentsatz der Düngung in der Form von gleichgültigen löslichen Aschenbestandteilen, also vielleicht auch in der Form von Kochsalz, gegeben werden darf. Eine eingehende Behandlung mag uns indessen erspart bleiben†), da dieses Düngemittel als solches seit dem Erscheinen der Staßfurter Salze auf dem Düngermarkte selbst in England kaum mehr Verwendung finden dürfte.

---

*) Von anderer Seite wurde auch mehr Ammoniak gefunden. Vergl. Jahresber. der Agrik.-Chem., 16 u. 17, p. 66.

**) Vergl. über diesen Gehalt auch Fittbogen: Landw. Jahrb., 1884, p. 755.

***) I. Band, 19. Vorl., p. 320 u. f.

†) In Bezug auf die Effekte der Natrondüngung vergl. namentlich G. Smets und C. Schreiber: Recherches sur les engrais, Maeseyck 1896. Auch Wolff empfahl Kochsalz gegen Lagergetreide.

Vierzehnte Vorlesung.

Düngungsversuche. — Vegetationsversuche. — Agrikulturchemische Düngungsversuche. — Praktische Düngungsversuche. — Beispiele der beiden letzteren. — Demonstration der Düngerwirkung.

Mit den Betrachtungen der vorigen Vorlesung hätten wir die Übersicht über die Düngemittel beendigt; aber wir stehen noch nicht am Ende unserer Aufgabe. Diese Übersicht hat uns die Zusammensetzung und die vermutliche Brauchbarkeit der einzelnen Düngersorten für bestimmte Fälle gelehrt. Es konnte uns aber dabei nicht verborgen bleiben, in wie wenig Fällen wir, trotz dem erfreulichen Fortschreiten unserer theoretischen Erkenntnis in dem letzten halben Jahrhundert, die Wirkung eines Düngemittels mit Bestimmtheit vorauszusagen im stande sind.

Daraus folgt aber unmittelbar, daß in Düngungsangelegenheiten die unmittelbare Erfahrung eine große Rolle annoch spielen muß, und wie es häufig die Aufgabe des Agrikulturchemikers sein wird, anstatt eine Düngerwirkung mit Siegesgewißheit vorauszusagen, selbst das Sammeln von neuen praktischen Erfahrungen anzustreben oder selbst solche hervorzurufen. D. h. also, auch der Theoretiker auf diesem Gebiete hat, will er anders der Landwirtschaft wirkliche Dienste leisten, sich mit dem *Düngungsversuche* zu befassen, denselben zu leiten und noch häufiger ihn selber zu unternehmen.

Aus diesen Worten wäre vielleicht voreilig zu folgern, daß die Theorie der Pflanzenernährung für die praktische Landwirtschaft eigentlich ohne Nutzen sei. Allein ich bin weit entfernt, diese traurige Ansicht zu vertreten. Wir brauchen uns nur zu erinnern — und wir ersehen dies auch aus dem Vergleich mit den Ländern, wo die praktische Erfahrung ohne alle Hülfe von seiten der Naturwissenschaft wirtschaftet —, welche Verbesserung die Düngungsmethoden durch Einsicht in die Pflanzenernährung, durch die begriffliche Trennung der rohen Düngermasse in einzelne wirksame Pflanzennährstoffe bereits erlitten haben. Wir waren durch diese Erkenntnis befähigt, billigere Bezugsquellen vieler Düngemittel, die für sich angewendet nur in einzelnen Fällen eine Wirkung ausgeübt haben würden und darum vom praktischen Manne unfehlbar übersehen worden wären, aufzufinden, um so wertvolle Surrogate für teuere Dünger verhältnismäßig billig zu beschaffen, außerdem viele praktische Versuche anzustellen mit Stoffen, welche der Theorie nach *wahrscheinlich* eine Wirkung ausüben mußten, und so eine Menge praktischer Erfahrungen anzuregen, die ohne die Theorie niemals gemacht worden wären. Aber es kann andererseits nicht genug hervorgehoben werden, daß stets doch der praktische

Düngungsversuch das einzige *endgültig* Maßgebende in diesen Dingen sein kann, da die Verhältnisse, die in der Praxis mit ins Spiel kommen, unmöglich alle theoretisch übersehen werden können, überhaupt teilweise noch gar keiner theoretischen Behandlung fähig sind.

In der Anstellung sowohl als in der Deutung des praktischen Düngungsversuchs liegen aber große Schwierigkeiten, und in der Besiegung derselben bietet sich ein reiches Feld der Wirksamkeit für diejenigen, die bestrebt sind, den Praktiker in der Düngungsfrage zu unterstützen. Warum der praktische Mann, der nur mit den Erfahrungen eines oder einiger wenigen Güter bekannt ist, selbst aber in der Regel nicht in der Lage ist, in etwas gemeingültiger Weise den Düngerwert irgend eines Düngemittels kennen zu lernen und über den wahrscheinlichen Erfolg eines ihm bekannten Düngemittels auf einem ihm unbekannten Boden urteilen zu können und noch viel weniger über den Düngungserfolg eines ihm unbekannten, nur nach der chemischen Zusammensetzung bekannten Düngemittels, ist leicht einzusehen.

Die Bedeutung, ja die Unentbehrlichkeit des Düngungsversuches erscheint damit klargelegt. Wenn es von seiten der Theoretiker eine Zeit lang Sitte geworden war, denselben zu schmähen, so darf dies nur gelten in Bezug auf seine Verwertbarkeit *als physiologisches Experiment.* Hierzu ist derselbe ein für allemal untauglich, aus dem einfachen Grunde, weil er unter sehr komplizierten, nicht immer klar zu übersehenden Verhältnissen angestellt ist und keiner einfachen klaren Fragestellung entspricht, wie sie die theoretische Forschung unter allen Umständen erheischt. Genau ebensowenig verwertbar ist aber auch das zur Beantwortung gewisser Ernährungsfragen unternommene physiologische Experiment direkt für die Verhältnisse der Landwirtschaft, und der kurzsichtige Praktiker hätte genau ebenso viel Veranlassung, dieses als unnütz zu verwerfen.

Beide, der Düngungsversuch sowohl wie das streng durchgeführte physiologische Experiment, haben ihre hohe unableugbare Bedeutung, jedes in seinem Kreise: der Düngungsversuch direkt für die Zwecke der Praktiker, das physiologische Experiment für unsere naturwissenschaftliche Erkenntnis der Bedingungen des Pflanzenlebens und so indirekt für die Praxis. Das letztere dient der experimentellen Erörterung physiologischer Fragen, ist also ein wesentliches Element der induktiven Forschung und als solches unentbehrlich. Die Düngungsversuche dagegen sind empirische Hülfsmittel, um aus denselben praktische Regeln abzuleiten.

Wäre die Pflanzenernährungslehre auf Grund von sehr ausgebreiteten Vegetationsversuchen oder gar von Deduktionen aus feststehenden Sätzen der Chemie und Physik eine ausgebaute Wissenschaft, und wäre für die Bodenanalyse eine gleiche, nie zu hoffende Vervollkommnung erreicht, so wäre es möglich, der direkten Felddüngungsversuche zu entraten, oder diese würden nur die Rolle einer erwünschten Verifikation spielen für die deduktive Herleitung des für bestimmte Witterungsverhältnisse zu erwartenden Resultats.

Bei der großen Bedeutung der klaren Einsicht in diese Verhältnisse ist es angezeigt, die hier geltenden Prinzipien noch etwas näher zu beleuchten. — Eine jede wissenschaftliche Behandlung beruht bekanntlich auf der Abstraktion von natürlichen Komplikationen, die uns bei dem eingeschränkten Zustand unseres Geistes den Einblick in das Wesen der Erscheinungen verdunkeln. Jeder wissenschaftliche Vegeta-

tionsversuch macht gewisse, namentlich bis dahin unerörterte Bedingungen des Pflanzenlebens einander gleich, eine einzelne Bedingung ungleich, um auf den Effekt dieser einen Ungleichheit sein ganzes Augenmerk zu richten. Er arbeitet weiter unter Bedingungen, die samt und sonders bekannt und definierbar sein müssen. Der gewöhnliche Düngeversuch arbeitet dagegen unter praktisch möglichen und darum unter sehr vielfältig kombinierten Umständen. Das logische Resultat des ersteren ist von allgemeiner Bedeutung, aber nicht immer von einer solchen, die sogleich direkt von der Praxis ausgebeutet werden kann. Das Resultat des praktischen Düngeversuches ist sogleich für die Praxis zu gebrauchen, aber hat häufig nur eine ganz lokale Bedeutung, strenge, nur für durchaus ähnliche Bodenarten und übereinstimmende klimatische Verhältnisse.

Gewöhnliche Acker- und Gartenerde, analysiert oder nach rohen praktischen Kennzeichen charakterisiert, enthält in den bestimmenden Momenten, die sie der Pflanzenernährung bietet, so viel Unbekanntes, daß ein mit Hülfe dieses natürlichen Mediums erhaltenes Resultat selten eine allgemeine Bedeutung in Anspruch nehmen darf. Alle Vegetationsversuche mit Erde rangieren darum schon mehr unter die empirischen Düngungsversuche, mögen dieselben nun im Glashaus oder in Töpfen oder auf dem freien Felde angestellt sein. Sie haben nur eine Bedeutung, wenn sich Regeln aus ihnen ergeben, die direkt von praktischem Interesse sind.

Vegetationsversuche können dagegen wegen der Komplikation der Erdkonstitution in der Regel nur dann wissenschaftliche Ergebnisse liefern, wenn sie im künstlichen Nährboden angestellt worden sind.

Diese Grundsätze sind ausgesprochen oder unausgesprochen ziemlich allgemein gut geheißen, und infolge davon ist die Ausbildung der Wasserkultur und der Sandkultur*) als eine wissenschaftliche Errungenschaft anerkannt und die Grundlage geworden für den Aufbau einer Pflanzenernährungslehre. Bei beiden Methoden wird die Wurzelnahrung dargeboten in ihrer Zusammensetzung nach bekannten und (mit einer einzigen Ausnahme) gelösten Salzen, bei der Sandkultur dient das Feste nur als Stütze für die Wurzel, sorgt eventuell auch für eine normale Durchlüftung des Bodenmediums, aber beteiligt sich an der Ernährung selber nicht in merklicher Weise.

Der Düngungsversuch soll, wie gesagt, direkt der Praxis dienen, Düngungsregeln für dieselbe schaffen, soweit dieselben sich nicht aus feststehenden Sätzen der Ernährungslehre ableiten lassen. Aber wenn es sich hierbei auch wesentlich um Beibringung von praktischen Regeln handelt, so haben die Düngungsversuche doch auch ihre wissenschaftliche Seite u. a., insofern ihre Methode eine strengere ist als die der überall sich ergebenden Dünge-Erfahrungen.

Lassen wir die Schwierigkeiten, welche Klima, Witterung und Boden liefern, vorerst beiseite liegen, so ist zunächst klar, daß ein Düngeversuch vergleichende Parzellen haben muß, weil wir nur ganz roh schätzen können, was die Wirkung einer bestimmten Düngung ist, wenn wir nicht daneben halten können, was die Ernte ohne Düngung oder mit einer anderen Düngung geworden sein würde. Versuchsansteller aus der Praxis huldigen wohl der Meinung, daß die Düngungen auf verschiedenen Parzellen einen gleichen Geldwert repräsentieren müßten, weil sie

*) Vergl. I. Band, 16. Vorlesung, p. 266.

direkt wissen wollen, wie ein gewisser Aufwand für Düngung am besten in einer Mischung von Stoffen spezifiziert wird. Solche Düngungsversuche, im übrigen noch so sehr nach den Regeln der Kunst ausgeführt, haben jedenfalls nur eine sehr lokale praktische Bedeutung und führen niemals auch nur zu Düngungsregeln von allgemeinerer Gültigkeit, da der Preis variabel ist, so daß nur eine bestimmte Zeit und für einen bestimmten Ort die erstrebte Gleichheit thatsächlich besteht.

Als ein erstes Erfordernis für einen Düngungsversuch, aus welchem sich etwas allgemeinere Regeln sollen ableiten lassen, ist die Anwendung des allgemeinen Grundsatzes für die experimentellen Wissenschaften anzusehen, des Grundsatzes der *Differenzmethode.* Das Resultat, auf einer Parzelle erhalten, hat nur insofern einen Wert, als sich die Vegetationsbedingungen auf ihr, gegenüber denjenigen auf einer benachbarten Parzelle, nur durch die Anwesenheit eines einzigen, möglichst einheitlichen Düngemittels unterscheiden dürfen. Die erste und sehr allgemein verstandene Anwendung dieses Grundsatzes ist natürlich das Anlegen einer ungedüngten (d. h. mit dem fraglichen Düngestoff nicht gedüngten) Vergleichsparzelle. So allgemein diese erste auf der Hand liegende Konsequenz empfunden worden ist, so vielfach sind die Versündigungen gegen andere Konsequenzen des gleichen Grundsatzes. Z. B. muß gefordert werden, daß, wenn mit mehreren Düngemitteln gleichzeitig auf einer Parzelle operiert wird, nicht nur ungedüngte Parzellen zur Vergleichung erforderlich sind, sondern auch Parzellen, auf denen die im Gemenge angewandten Düngemittel einzeln aufgebracht sind, und zwar im selben Verhältnisse zur Flächeneinheit als im Gemenge, nicht, wie dies manche Versuchsansteller — indem sie instinktiv dem Prinzipe des gleichen Kostenaufwandes etwas einräumen — thun, in etwas größerem Verhältnisse; denn dann weiß man natürlich nicht, einen wie großen Teil des Effekts man der größeren Menge des einen Düngemittels, einen wie großen Teil man dem anderen zuschreiben soll.

Ein zweiter Verstoß gegen die Forderung einer brauchbaren Versuchsführung ist derjenige, der speziell auf viele Kalidüngungen Bezug hat, nämlich das Verwenden zu komplizierter und ungleich zusammengesetzter Düngemittel überhaupt, namentlich aber, wenn ihre Benennung diese Komplikation nicht erkennen läßt und eine Analyse nicht mitgeteilt wird. Mag nun die Düngung mit rohem schwefelsauren Kali gegenüber einer ungedüngten Parzelle Mehrertrag oder Mindererertrag geben, immer wird die so gewonnene Erfahrung eine vieldeutige sein und sehr fraglich, ob das Kali mit dem Erfolge irgend etwas zu thun hat, während man durch Versuche mit den Komponenten, allein und gemischt, einfachere Zahlen erhalten kann, denen natürlich eine allgemeine Bedeutung zukommt.

Andere Verstöße von minder großem Gewicht liegen in der eigentümlichen Berücksichtigung der Witterungseinflüsse. Obgleich die Witterungseinflüsse ja bei nicht ganz ungeschickter Auswahl des Versuchsfeldes auf die vergleichenden Parzellen in gleicher Weise sich geltend machen müssen, so ist doch einleuchtend, daß eine bestimmte Düngungsweise durch bestimmte Witterungsverhältnisse ganz besonders betroffen werden kann, wie z. B. Trockenheit eine mit künstlichen Düngemitteln gedüngte Parzelle in viel stärkerer Weise zu schädigen pflegt als Stallmistparzellen. Es ist daher notwendig, bei Düngungsversuchen, wie dies auch meistens geschieht, auf die Witterungsumstände zu achten, ja wo möglich über Regenmenge und Ver-

teilung derselben über die Vegetationszeit besondere Aufzeichnungen zu machen. Bei Resumierung der Resultate ist dann darauf aufmerksam zu machen, daß diese oder jene Modifikationen für mittlere Witterungsverhältnisse zu erwarten sein würden. Dagegen ist es unkritisch, die Versuche bei extremen Witterungsverhältnissen gänzlich zu verwerfen. Denn was dem Versuchsansteller von seinem subjektiven Standpunkte eines Advokaten für dieses oder jenes Düngemittel als außerordentlich erscheint, ist dies in der Regel nicht, sondern nur eine gewöhnliche Abweichung von den als ein ideales Zentrum gedachten mittleren Verhältnissen. Dies geht am besten hervor aus der Häufigkeit derartiger Klagen. Wenn man diejenigen Versuche, welche von den Versuchsanstellern als nicht brauchbar gefunden wurden „wegen ungewöhnlicher Trockenheit", nicht einfach ausmerzte, sondern mitgebrauchte für ein statistisches Bild der Wirksamkeit eines Düngemittels unter mittleren Verhältnissen, so würde man der Wahrheit näher kommen und jedenfalls sich nicht einer Beschönigung ungewünschter Versuchsresultate schuldig machen.

Ein weiteres kritisches Erfordernis für einen vergleichenden Düngeversuch ist es natürlich, daß der Boden erstens über das ganze Versuchsfeld gleich und dann in seinen Eigenschaften bekannt sei. An die erstere Schwierigkeit ist man lange Zeit mit ganz unzulänglichen Mitteln herangetreten und wir müssen hierüber ausführlicher sprechen. Der letzteren kann man nicht ganz gerecht werden, weil der gegenwärtige Zustand der Bodenanalyse und der Bodenbakteriologie, in dem sie wohl noch lange Zeit verbleiben werden, eine genaue Definition der maßgebenden Eigenschaften der Erde verbietet. In jedem Falle versteht es sich aber von selbst, daß ein Düngeversuch auf einem Boden, der chemisch und physikalisch gar nicht beschrieben ist, für sich allein keinen Wert hat und auch nur zu einem ganz rohen Durchschnittsbilde zu benutzen ist. Trotzdem fallen sehr viele und auch sonst sorgfältig ausgeführte Düngungsversuche, namentlich viele aus England, in diese Kategorie.

Einer weitläufigeren Besprechung bedarf die natürliche Ungleichheit der Erde auf vergleichenden Parzellen. Als man mit Düngungsversuchen begann, hat man sich hierüber nicht viel Kopfzerbrechen gemacht. Erst als man mitunter zu ganz unmöglichen Zahlen kam, fing man an, mehrere ungedüngte Parzellen einzuschalten und erkannte, daß diese häufig größere Ungleichheiten zeigten als die ungleich gedüngten. Man wurde dann vorsichtiger in der Auswahl der Versuchsfelder, erkundigte sich nach der vorausgehenden gleichen Behandlung mehrere Jahre rückwärts, achtete auf den gleichmäßigen Stand der Vorfrucht, untersuchte den Untergrund. Man erkannte so, daß es, zumal für gewisse geologische Formationen oder gartenmäßig bebaute Gegenden, beinahe unthunlich sei, und je mehr der Boden durch vorausgehende Versuche schon in Anspruch genommen war, um so unthunlicher, ein brauchbares Versuchsfeld auszuwählen. Wo der Übelstand sich herausgestellt hatte oder man denselben befürchtete, behalf man sich auf zweierlei Weise. Man nahm die Versuchsfelder sehr lang und schmal, oder — und dies ein Mittel der neueren Zeit — man mischte die Erde.

Die langen schmalen Parzellen, die Versuchsstreifen, sind eine logische Merkwürdigkeit*). Anscheinend ganz willkürlich, haben sie doch eine gewisse praktische

*) Namentlich auch deshalb, weil bei bei mehr quadratischen Flächen auch die Beeinflussung durch die Düngung der Nachbarparzellen, die übrigens durch (nicht zu schmale)

Berechtigung, die namentlich sich daher schreibt, daß die Äcker in der Regel senkrecht auf den Feldweg, an dem sie gelegen sind, die größten Dimensionen haben*). Gegen den Weg zu haben aber die meisten Äcker infolge von Anlagen von Komposthäufen, gründlicherer Bodenbearbeitung, überhaupt wegen Umständen, welche der größeren Zugänglichkeit dieses Stücks entspringen, eine größere Fruchtbarkeit. In dem nachher mitzuteilenden Düngungsversuche wird sich dieser Fall bestätigt finden. Diese fruchtbaren Stücke nun werden durch die langen Parzellen gleichmäßig durchschnitten.

Das beste Mittel, wirklich gleichartigen Boden zur Grundlage für vergleichende Düngeversuche zu haben, ist aber das künstliche Gleichmachen desselben, das Erdevermischen. Gegen diese Methode bestehen, soweit bekannt, zwei Einwürfe, die namentlich von praktischer Seite erhoben worden sind. Solche Düngungsversuche können der Kosten wegen nur in kleinem Maßstabe ausgeführt werden, und hierauf wird verwiesen als auf eine Fehlerquelle, die sich beim Übertragen der Resultate ins große in gefährlicher Weise multipliziert.

Ein zweiter Einwand ist der, daß der Boden durch das Mischen selber seine Eigenschaften als natürlicher Boden verliere, eine unnatürliche Mischung und Lockerheit gewinne. Dieser letztere Einwand, welcher von seiten der landwirtschaftlichen Praxis wohl erhoben worden ist, wiegt nicht allzu schwer, denn man wird durch Mischung eines Bodens von benachbarter Lage nicht leicht einen Boden schaffen können, der nicht auch irgendwo in der Natur vorkommen wird, und was die unnatürliche Lockerheit angeht, so ist dies auch ein Zustand, wie er nach mancher Art der Bodenbearbeitung beinahe ebenso in der Praxis erreicht wird, ohne daß sich dabei ganz veränderte Düngewirkungen herausgestellt hätten, und zudem geht der Zustand der Lockerung gar bald wieder in einen von mehr mittlerer Dichtheit über.

Mehr Beachtung verdient der andere Einwurf von der Kleinheit der Parzellen. Hier müssen wir wenigstens analysieren, warum kleine Parzellen**) gefährlich gefunden werden. Sie sind es natürlich, so lange man es mit natürlichem, ungemischtem

---

Isolier- oder Schutzstreifen ganz beseitigt werden kann, vermindert werden kann. Siehe hierüber in den beachtungswerten Vorschlägen von Th. Pfeiffer: Mitt. d. landw. Instit. Breslau, V, p. 19.

*) Dies natürlich deshalb, weil man auf diese Weise mit einem Minimum an Wegen ein Maximum von Ackerstücken zugänglich machen kann.

**) Auch auf die praktisch ganz unmöglichen Zahlen, welche man durch Multiplikation der Ernten ganz kleiner Parzellen auf den Hektar erhält, ist durch Professor Thaer in Gießen u. a. hingewiesen worden. Das ist natürlich ein Fehler, wenn die so mitgeteilten Ergebnisse den Schein erwecken, als seien dieselben im großen wirklich zu erreichen, nicht aber, wenn man für die erhaltenen Zahlen im Auge behält, daß sie für die Verhältnisse der praktischen Landwirtschaft mit einem Reduktionskoeffizienten versehen werden müssen. Auf eine gewisse Grundfläche müssen alle Resultate doch in jedem Falle der Übersichtlichkeit wegen umgerechnet werden, und ob dies auf den Hektar geschieht oder auf den Quadratmeter, deswegen bleiben die relativen (sehr zweckmäßig auch prozentisch auszudrückenden) Mehrerträge doch genau dieselben. Ich halte also diesen Einwurf mehr für einen, welcher die Darstellungsweise des Resultats, als für einen solchen, welcher die Düngungsversuche im kleinen Maßstabe selbst betrifft.

Boden zu thun hat, weil dann geognostische Verschiedenheit, vorausgehende Behandlung des Bodens, ungleiches Vertiefen der Krume durch einseitiges Pflügen etc., von dem größten Einflusse sind. Doch diese Gefahren bleiben nicht bestehen in dem bis zur Sohle gleichmäßig gemischten Boden. Aber freilich andere Ungleichheiten, die auf die endgültige Kalkulation von größtem Einflusse sind, bleiben bestehen, die individuelle Ungleichheit der Pflanzen und zufällig störende Ursachen, namentlich Schädigung durch Tiere. Die Pflanzenindividualität ist nun keine so große Schwierigkeit, wenn man nur einige Aufmerksamkeit der Auswahl des Samens zuwendet. Sie ist freilich bei verschiedenen Pflanzen sehr verschieden groß und damit muß gerechnet werden.

Die zufälligen Einflüsse dagegen, die beinahe alle auf Beschädigung von seiten der Tiere zurückzuführen sind, können, ohne daß dadurch aus dem Düngeversuch nun plötzlich ein bloßer für praktische Folgerungen unbrauchbarer Vegetationsversuch wird, abgeschwächt oder ganz beseitigt werden, und sind in manchen Versuchen ferne gehalten worden durch Spannen von Netzen, Ziehen von unterirdischen Querwänden, Gräben und Teerschnüren um das ganze Versuchsstück hin und dergleichen mehr. Die Hauptsache aber muß leisten die sorgfältige Überwachung des Düngungsversuchs, wodurch die meisten solcher schädlichen Einflüsse ferne gehalten werden können; ferner, was bisher beinahe nicht geschehen ist, die Auswahl des Erntematerials, worauf wir nun zu sprechen kommen.

Darin besteht ja auch ein durchgehender Unterschied schon zwischen den eigentlichen praktischen Düngungsversuchen und den Vegetationsversuchen, daß man bei den ersteren die Zahl der geernteten Pflanzen entweder gar nicht oder nur in zweiter Linie berücksichtigt, während bei den letzteren das Experiment stets eine gleiche Zahl von Versuchsobjekten zu Grunde legte. Im ersteren Falle unterläßt man dies aber nur, nicht bloß wegen der Unausführbarkeit in den meisten Fällen, nämlich bei großen Parzellen und Kleinheit des Pflanzenindividuums, sondern auch, wo die Zählung leicht ausführbar ist, wie bei Rüben, benutzte man sie nur, um etwa die Anzahl der Fehlstellen zu berechnen und hieraus über die relative Brauchbarkeit des Versuches zu urteilen, oder höchstens zu einer Korrektion der als Ernteresultat geltenden Gesamtgewichtsresultate. Man sieht aus letzterem, daß auch ein logischer Grund davon abgehalten hat, in ähnlicher Weise wie bei den Vegetationsversuchen vorzugehen und etwa aus der Entwickelung einer genügenden Anzahl charakteristischer Pflanzen auf den Gesamtertrag der Parzelle zu schließen.

Dieser logische Grund ist nun offenbar der, daß man sich des Einflusses von Anzahl der Pflanzen auf einer gewissen Grundfläche zu der Entwickelung der Einzelpflanze sehr wohl bewußt war. Hiegegen ist nun anzuführen, daß die Zählung der Pflanzen auf einer gewissen Grundfläche samt der Wägung einer so großen Anzahl von mittleren Pflanzen, als zur Gewinnung eines Durchschnittes (der durch fernere Zuziehung von weiteren Exemplaren nicht mehr sehr variiert) notwendig ist, dasselbe Resultat geben muß wie die Wägung der Totalernte. Die alte Methode hat dabei die große Schattenseite, daß man alle zufälligen Fehler des Düngungsversuches, wie Beschädigung durch Tiere, mit in Kauf nehmen muß, während die Zählung und Wägung im einzelnen nur die Schwierigkeit besitzt, daß an Stelle der rohen Erfahrung eine kritische Auswahl gesetzt wird, und diese schwache Seelen in Verführung bringt.

Gewiß ließe sich der Düngungsversuch in der angedeuteten Richtung noch weiter exakter und exakter machen. Ich breche aber die Darstellung eines solchen Bestrebens an dieser Stelle ab, da in den letzten Jahren eine andere Methode, welche den eigentlichen Vegetationsversuchen noch näher, den praktischen Düngungsversuchen noch ferner steht, einen sehr hohen Grad von Vollkommenheit erreicht hat und daher sehr allgemein für die Lösung von Düngungsfragen verwendet worden ist. Ich meine natürlich die durch P. Wagner ausgebildete Methode von Düngungsversuchen in großen Zinktöpfen und unter Glasdach, die von dem Urheber *agrikulturchemische Düngungsversuche* getauft worden sind. Die hierbei benutzten Töpfe sind cylindrisch und unten mit etwas losem Kiese und dann weiter mit gleichmäßig gemischter und über die verschiedenen Versuchsgefäße gut verteilter Erde angefüllt. (Siehe Fig. 2 auf p. 154.) Infolge des völligen Gleichmachens aller Umstände ist die Methode in der That sehr exakt, so daß gleich behandelte Töpfe beinahe genau das gleiche Resultat liefern.

Die Wagnersche Methode kann dagegen nicht an die Stelle der gewöhnlichen Düngungsversuche treten unter den Umständen, wie sie die Praxis darbietet; aber sie macht auch nicht den Anspruch darauf. Ihr Erfinder selbst hat sie ja deshalb „agrikulturchemischen Düngungsversuch" genannt, weil er daneben noch freien Raum läßt für den „praktischen Düngungsversuch". Die Fälle, in welchen man sich des ersteren bedienen kann, sind beschränkt; aber in diesen beschränkten Fällen giebt er ein unendlich viel exakteres Resultat als der gewöhnliche Düngungsversuch, bei welchem die im Versuche selbst gelegenen Fehler so oft das Resultat verschwinden lassen und man mehrere Resultate abwarten und zuweilen kombinieren muß, um zu einem einigermaßen sicheren Schlusse zu gelangen.

Rentabilitätsfragen sind dagegen niemals, wenigstens nicht direkt durch Anwendung der Wagnerschen Methode zu lösen, aber wohl kann man viele andere Fragen durch dieselbe beantworten, z. B. zwei Düngemittel, welche dieselben düngenden Bestandteile enthalten, auf diese Weise vergleichen und feststellen, inwiefern sie sich dazu eignen, durch die Pflanzenwurzel aufgenommen zu werden. Doch muß auch hierbei Vorsicht gebraucht werden, insoferne man in diesen Fällen alle andern Nährstoffe im Überflusse anbietet. Arbeitet man also über die Aufnahmeform eines Achenbestandteils, so kriegen die Pflanzen Stickstoff im Überflusse, wodurch die Pflanzen leicht eine einseitige Entwickelung, z. B. stärkere Bestockung des Getreides, erlangen, wodurch die Zuverlässigkeit der Resultate gestört werden kann*).

Besonders unzuverlässige Resultate hat man auch bei Anwendung der Topfversuche auf Fragen wie Denitrifikation durch Stallmist erhalten, über welchen Gegenstand ich früher (vierte Vorlesung**) gesprochen habe, und wobei wie überhaupt bei bakteriologischen Fragen Konzentration von Nährstoffen eine so große Rolle spielt. In solchen Fällen wie in vielen anderen ist der Freilandsversuch ganz unentbehrlich***).

---

*) Vergl. über diesen interessanten Gesichtspunkt Dafert u. Reitmair: Felddüngungsversuche, Zeitschr. f. d. landw. Versuchswesen in Österr., 1900, H. 6.

**) p. 62.

***) Vergl. hierüber besonders Krüger und Schneidewind: Landw. Jahrb., 1890, p. 765.

Als Beispiel eines solchen Düngungsversuchs nach der Methode von Wagner mag der folgende, an der Versuchsstation Wageningen ausgeführte*) dienen, nicht seiner hervorragenden Bedeutung oder tadellosen Ausführung wegen, sondern weil ich für die mitgeteilten Einzelheiten persönlich einstehen kann und außerdem die Resultate desselben in deutscher Sprache noch nicht veröffentlicht sind. Zugleich wird man auf diese Weise schnell mit dem Wesen eines solchen Versuchs vertraut werden. Zweck dieses Versuches war, ein der nordfranzösischen Kreideformation entstammendes Phosphat, welches durch Düngerhändler sehr gepriesen worden war, das sogenannte Cambresisphosphat, auf seinen Düngewert zu prüfen.

Zehn Töpfe, von welchen ein jeder 22 kg Erde faßte, wurden benutzt. Die angewandte Erde war ein unfruchtbarer Sandboden aus dem Kiesdiluvium der Veluwe, einer Heidegegend der Provinz Gelderland, welcher für keine einzige Kulturpflanze disponible Phosphorsäure in genügender Menge enthält. Die in der nachfolgenden Tabelle genannten Düngestoffe wurden mit einem Löffel in der obersten Erdschichte verteilt, ungefähr der praktisch möglichen Unterbringung des Kunstdüngers entsprechend.

Topf	Kainit	Chilisalpeter	Kalisalpeter		
1	10 gr	4 gr	4 gr	0,7 gr	42,8 % Superphosphat
2	„	„	„	1,4 „	„ „
3	„	„	„	4 „	16,2 % Thomasphopshat
4	„	„	„	8 „	„ „
5	„	„	„	1/2 „	Gips „
6	„	„	„	1 „	„ „
7	„	„	„	5,2 „	14,7 % Cambresisphosphat
8	„	„	„	5,2 „	„ „
9	„	„	„	10,4 „	„ „
10	„	„	„	10,4 „	„ „.

Wie aus diesen Mitteilungen ersehen werden kann, waren Stickstoff und Kali und die übrigen Pflanzennährstoffe in reichlicher Menge vorhanden. Nur die Phosphorsäure fehlte, für soweit sie nicht in der Form der zu untersuchenden Stoffe gegeben war, beinahe ganz.

	Topf			
Phosphorsäure war vorhanden in Topf	1)	0,30 gr	in der Form von	Superphosphat
„	2)	0,60 „	„	„
„	3)	0,648 „	„	Thomasphosphat
„	4)	1,296 „	„	„
„	5)	0 „	„	Gips
„	6)	0 „	„	„
„	7)	0,764 „	„	Cambresisphosphat
„	8)	0,764 „	„	„
„	9)	1,528 „	„	„
„	10)	1,528 „	„	„.

Bei der Anwendung der, nach meiner Schätzung a priori, schwerer disponiblen Formen wurde mehr Phosphorsäure gegeben, um auf diese Weise die Ernährung der

*) Vergl. Landbk. Tijdschrift, 1894, p 16.

Pflanzen mehr einander gleich zu machen; im übrigen wurde jede Düngung in zwei verschiedenen Mengen verabreicht, mit dem Zweck, quantitative Fehlgriffe in der einen oder anderen Richtung eliminieren zu können. Auch wurden zwei Töpfe ohne Phosphorsäure 5 und 6 hinzugefügt, um zu sehen, inwiefern in dem unfruchtbaren Boden selbst noch Phosphorsäure disponibel war.

Die Töpfe standen alle unter einem Glasdach, und der Wassergehalt konnte also nach Belieben auf die halbe Kapazität geregelt werden. Da jeder einzelne Topf alle 2 bis 3 Tage gewogen und das fehlende Wasser bei dieser Gelegenheit zugegossen wurde, war dafür gesorgt, daß der Wassergehalt immer ungefähr der meist erwünschte war.

Am 21. März wurden 25 Körner Sommerroggen gesäet, später bis auf 20 Pflanzen verzogen, und schon am 28. April waren die Unterschiede deutlich zu sehen. Nach der Üppigkeit des Bestandes geordnet, ergab sich damals, wenn man bei dem besten Bestande anfing, die folgende Reihenfolge: 2, 1, 4, 3, 10, 9, 8, 7, 5, 6, und so blieb es den ganzen Sommer, bis die Pflanzen gegen den 14. Juli reif waren und geerntet wurden. Diese Ernte ergab:

			Stroh und Spreu.		*Körner.*	
		Zahl der Pflanzen.	*Total.*	*Von einer Pflanze* in Grammen	*Total.*	*Von einer Pflanze durchschnittlich* in Grammen.
In Topf	1 Superphosphat	20	117,5	5,875	38,7	1,935
„	2 „	20	121,5	6,075	47,35	2,368
„	3 Thomasphosphat	20	94	4,7	22,65	1,133
„	4 „	20	94,5	4,725	32,08	1,604
„	5 Gips	20	74	3,7	14,85	0,743
„	6 „	20	50,5	2,525	11,1	0,555
„	7 Cambresisphosphat	19	74	3,9	17,0	0,90
„	8 „	20	62	3,1	16,3	0,815
„	9 „	21	80	3,8	19,85	0,945
„	10 „	20	80	4,0	18,75	0,938.

Um den Mehrertrag bei den verschiedenen Düngungsweisen durch eine einzelne Reihe von Zahlen angeben zu können, halte ich es für dienlich, Stroh- und Körnerertrag zusammen zu kombinieren, zu welchem Zweck ich die Zahlen des Strohertrags durch 4 teilte, da das Stroh einen ungefähr viermal geringeren Wert hat als das Korn*). Auf diese Weise ergiebt sich:

In Topf	1	68,1	gr Körner + 1/4 Stroh
„	2	77,8	„ „
„	3	46,2	„ „
„	4	55,9	„ „
„	5	33,4	„ „
„	6	23,9	„ „
„	7	35,5	„ „
„	8	31,8	„ „
„	9	39,9	„ „
„	10	38,8	„ „.

*) Das ist bei dem wechselnden Wertverhältnis natürlich nur für ein bestimmtes genau, giebt aber für diese Umstände ein übersichtlicheres Bild.

Das Kennzeichen eines gut gelungenen Versuches ist Übereinstimmung derjenigen Resultate, welche bei gleicher Behandlung erzielt wurden.

Als solche können wir herausgreifen Nr. 9 und 10, welche nur 1 gr, Nr. 7 und 8, welche nur 3,7 gr differieren. Beide Zahlen sind nur kleine Bruchteile der Differenzen bei ungleich gedüngten Töpfen (bis 50 gr). Die Erträge der Töpfe (Nr. 5 und 6) ohne Phosphorsäure, bei welchen die Düngung auch im übrigen wenigstens beinahe gleich war, zeigen dagegen miteinander verglichen einen viel größeren Unterschied und zwar beinahe 10 gr. Der Grund dieser Erscheinung ist jedoch bekannt. Die Stengelteile dieser Pflanzen, welche sich bei Phosphorsäuremangel ausgebildet hatten, waren von einer besonderen Schwäche und litten infolgedessen Schaden durch den Wind, von welchem zufälligerweise die Pflanzen von Topf Nr. 6 stärker zu leiden hatten als die von Topf Nr. 5. Ich halte es deshalb für gerechter, als Produktionsziffer ohne Phosphorsäuredüngung in diesem Falle nicht die Durchschnittszahl der beiden Erträge, sondern eine Zahl zu wählen, näher gelegen bei Topf Nr. 5, etwa 30 gr. Im übrigen spricht der mit der Vermehrung der Phosphorsäuredüngung sich einstellende regelmäßige Klimax in den Zahlen, welche die Größe der Produktion andeuten, auch sehr für die Zuverlässigkeit der Resultate.

Auf diese Weise festgestellt, beträgt die Vermehrung der Produktion durch die Phosphorsäure:

Nr. 1	durch	Superphosphat	38,1 gr	oder 127%
„ 3	„	Thomasschlackenmehl	16,2 „	54 „
Nr. 7 u. 8 im Durchschnitt	„	Cambresisphosphat	3,6 „	12 „

und bei Anwendung der doppelten Menge:

Nr. 2	durch	Superphosphat	47,8 gr	oder 159%
Nr. 4	„	Thomasschlackenmehl	25,9 „	86 „
Nr. 9 u. 10 im Durchschnitt	„	Cambresisphosphat	9,3 „	31 „ .

Da die Kosten für die Phosphorsäuredüngung in je vier zu einander gehörenden Fällen nicht weit auseinanderlaufen — es wurde von den nicht aufgelösten Phosphaten, in welcher Form die Phosphorsäure ungefähr die Hälfte weniger kostet, ungefähr das Doppelte gebraucht —, bringen diese Mehrerträge zu gleicher Zeit die Rentabilität für jede Düngungsweise zur Darstellung, insoweit bei Topfversuchen überhaupt von einer Rentabilitätsberechnung die Rede sein kann. Nur müssen zu diesem Zwecke die vier zuletzt genannten größeren Erträge, erzielt durch eine doppelte Düngung, durch 2 geteilt und also auf 80% für Superphosphat, 43 für Thomasphosphat und 16% für Cambresisphosphat zurückgebracht werden.

Beachtenswert ist ferner, daß der erreichte Effekt bei Düngung mit den schwer löslichen Phosphaten beinahe proportional ist mit der gebrauchten Quantität, was bei dem Superphosphat, wo schon die kleinste Menge im stande war, einen beinahe maximalen Ertrag zu geben, nicht der Fall war. Diese sehr natürliche und zu gleicher Zeit die Zuverlässigkeit der Resultate bekräftigende Thatsache setzt uns in den Stand, approximativ auszurechnen, wieviel Cambresisphosphat man hätte zuführen müssen, um den Mehrertrag auf die Höhe, welche dieser bei Anwendung des Superphosphates hatte, zu steigern. Ziehen wir von allen Versuchen mit dem Cambresisphosphat den Durchschnitt, so kann man sagen, daß 2,3 gr Phosphorsäure in dieser Form einen Mehrertrag von 43% geliefert haben würde; um einen Mehrertrag von

127% zu erreichen, würden also ungefähr 6,9 gr von dieser Phosphorsäure erforderlich gewesen sein, welche alsdann dasselbe bewirkt haben würden wie 0,3 gr Superphosphatphosphorsäure; als Wert der Cambresisphosphorsäure würde sich also ergeben etwa 2 Pfennig pro kg, wohl zu verstehen, beurteilt nach den Resultaten des ersten Jahres.

Ich setze aber gleich hinzu, daß — wie ich schon heute besprochen — Topfversuche nicht dazu geeignet sind, Rentabilitätsfragen endgültig zu lösen. Da bei derartigen Versuchen alle übrigen Vegetationsbedingungen so günstig wie möglich gemacht werden, tritt der Einfluß des betreffenden variabelen Momentes, in diesem Falle die Phosphorsäure, besonders scharf zu Tage, welches sehr geeignet dazu ist, den Einfluß *hervorzuheben*, aber nicht dazu, den Wert desselben unter den Umständen, welche in der Praxis berücksichtigt werden müssen, genau zu messen. Man kann sagen, es ist gewissermaßen eine Untersuchung unter dem Mikroskop*), welche alle Dinge und Größen in größerem Maßstabe wiedergiebt.

Dasselbe ist auch ersichtlich, wenn man auf dieselbe Weise, wie dieses oben geschah, den Wert der Thomasschlackenphosphorsäure aus diesen Untersuchungen ableitet. Um zu einem Mehrertrag von 127% zu gelangen, hätte man gewiß 1,8 gr von dieser Phosphorsäure anwenden müssen, also sechsmal so viel als von der löslichen Phosphorsäure, wodurch der Wert der Thomasschlackenphosphorsäure bis auf 8,5 Pf. zurückgehen würde, während wir doch reichlich das Doppelte dafür bezahlen und nach praktischen Erfahrungen dieses auch thun dürfen.

Lehrreich ist für uns auch noch die Bilanz von der gegebenen und durch die Pflanzen aufgenommenen Phosphorsäure, wovon ich hier eine Übersicht gebe:

	Superphosphat		*Thomasschlackenmehl*		*Keine Phosphorsäure*		*Cambresisphosphat*			
Phosphorsäure in mgr. Topf	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Im Stroh anwesend	35	55	47	28	15	20	30	25	48	40
Im Korn „	**159**	**194**	**97**	**141**	**55**	**41**	**65**	**60**	**81**	**75**
Total	194	249	144	169	70	62	95	85	129	115
Mit der Düngung gegeben . . .	300	600	648	1296	0	0	764	764	1528	1528
Prozentisch davon in die Pflanze übergegangen nach Abzug von 70 mgr, welche, nach Versuch 5, im Boden disponibel waren	43,0	30,5	12,0	7,9			3,3	2,5	4,1	3,2
							2,9		3,7.	

Bemerkenswert und sehr sprechend für die Brauchbarkeit dieser Versuche ist die große Übereinstimmung der oben berechneten Mehrerträge mit den hier erhaltenen Zahlen, welche die Prozente Phosphorsäure, welche in die Pflanze übergehen, wiedergeben. In beiden Fällen steht das Superphosphat obenan, dann folgt nach einem großen Zwischenraum das Thomasphosphat und dann schließlich das Cambresisphosphat.

Natürlich konnte also aus solch einem Versuch die Geringwertigkeit des in Rede stehenden Phosphats mit Sicherheit erschlossen werden, wie denn dieses Resultat nachher in der That durch belgische Versuchsansteller bestätigt worden ist.

---

*) Vergl. in dieser Beziehung P. Wagner: Düngungsfragen, 3. Heft, 1896, p. 43.

Ich meine, daß solch ein Beispiel besser wie eine lange theoretische Erörterung die Bedeutung des agrikulturchemischen Düngungsversuches in das rechte Licht stellt. Daß dieser Versuch kein ausgesucht mustergültiger gewesen ist, ist gerade recht; denn auf diese Weise verzweifelt der Anfänger in diesen Dingen nicht so leicht, wenn ihm nicht gleich fehlerlose Versuche gelingen wollen, und außerdem erlangt er ein Urteil darüber, wie weit man in der Korrektion von mangelhaften Resultaten etwa gehen darf.

Geradeso, wie wir soeben zur Illustration des sog. agrikulturchemischen Düngeversuches in Töpfen ein Beispiel aus der experimentellen Thätigkeit der Versuchsstation zu Wageningen angeführt haben, so wollen wir jetzt auch den praktischen Düngeversuch durch ein solches Beispiel illustrieren. Es handelte sich im vorliegenden Falle um die Ertragssteigerung eines weitab von Stätten der Mistproduktion gelegenen Wiesengeländes durch leicht zu transportierenden Kunstdünger.

Das Stück Land, zu diesen Versuchen benutzt, gab in dem kalten, aber feuchten Jahre 1888, auf die alte Weise behandelt, 3400 kg Heu pro ha und in dem darauf folgenden, außerordentlich günstigen Jahre 1889, nachdem indessen die sonst übliche Nachweide unterlassen worden war, 4250 kg.

Man vergleiche zunächst mit diesen Erträgen solche, welche anderwärts erlangt werden auf gut gedüngtem Graslande. Eine gute Heuernte wird gerechnet auf 7000 kg per ha jährlich und in außergewöhnlichen Jahren kann gutes Wiesenland 8000 — 9000 kg und mehr Heu in mehreren Schnitten liefern. Das zu düngende Wiesenland giebt also, auf die gewöhnliche Weise behandelt, ungefähr die Hälfte von der Ernte, welche man unter normalen Umständen erwarten kann. Dieses zur Illustration des quantitativen Ertrags. Viel größer wird jedoch der Unterschied, wenn man nebenbei auch auf die Qualität des Heues*) achtet. Dieselbe war äußerst schlecht, und es ist eine bekannte Sache, daß ein so schlecht zusammengesetztes Heu einen sehr geringen Wert hat. Über die Ursachen davon, bei nur geringer Differenz in der chemischen Zusammensetzung von verschiedenen Heuarten, wenigstens was ihren Gehalt an Nährstoffen betrifft, will ich an dieser Stelle nicht in Details treten**). Nur glaube ich bemerken zu müssen, daß dabei vermutlich sowohl der Kieselsäuregehalt von Phragmites und Equisetumarten***) als der Gehalt an anderen schädlichen

*) Das geerntete Heu wurde nämlich einer botanischen Untersuchung unterworfen und darin nachfolgende Pflanzen gefunden:

An guten Gräsern: nichts.

An Kleearten und Leguminosen: etwas Weißklee und wenig *Vicia Cracca.*

An geringen Gräsern: *Agrostis stolonifera, Briza media, Festuca duriuscula, Molinia coerulea,* wenig *Cynosurus cristatus.*

An Unkräutern: viel *Phragmites communis, Juncus Plantago media;* ferner *Rhinanthus, Ranunculus flammula, Galium, Spiraea, Ulmaria, Potentilla Anserina, Chrysanthemum leucanthemum, Daucus carota, Gentiana Pneumonanthe, Centaurea Jacea, Sphagnum, Prunella vulgaris, Cirsium,* wenig *Mentha, Achillaea, Hypericum, Equisetum.*

**) Ich habe diese Frage näher erörtert im Journal für Landwirtschaft, 1894, p. 185.

***) Wir fanden in einem Gemisch von *Equisetum hiemale* und *arvense* beinahe 9% Kieselsäure in der lufttrockenen Substanz, Schultz-Fleeth fand ungefähr dasselbe in *Phragmites*blättern, während der Gehalt in zwei süßen Gräsern, *Poa pratensis* und *Anthoxan-*

Stoffen, z. B. in den Ranunkelarten, oder die Härte der Pflanzen der Juncusspezies eine große Rolle spielt. Genug, der Futterwert von solchem Heu ist gering, selbst so, daß viele Landwirte solches Heu überhaupt nicht oder doch nur als Einstreu benutzen würden, womit der Preis natürlich in Einklang steht.

Die Heupreise unterliegen großen Schwankungen und es ist aus diesem Grunde schwierig, bestimmte Preise für ein derartiges Heu anzunehmen. Aber rechnet man in dieser Gegend durchschnittlich 500 kg gutes Heu auf 20 Mark, so würde der Wert des obengenannten Heues sich nicht höher stellen als 10 Mark für dieselbe Menge. Einen durchschnittlichen Ertrag von 3500 kg angenommen, entspräche dieses einem Rohertrage von 70 Mark pro ha.

Der Anfang der Vegetation fällt im Frühjahr mindestens sechs Wochen später als auf gut behandelten Wiesen und Weiden. Anfang Mai ist in der Regel alles noch tot und fahl. Gewöhnlich kann man bei diesen Wiesen, welche nur zum kleinsten Teile noch im Spätjahr durch das Vieh beweidet werden, erst in der zweiten Hälfte des August mit der Heuernte anfangen.

Dieses ist der Zustand, wie er sich thatsächlich in dem ganzen Gelände, in welchem der Düngungsversuch vorgenommen werden sollte, bis auf wenige Ausnahmen vorfindet. Und doch kann kein Zweifel daran bestehen, daß dasselbe Land, bei seiner an und für sich günstigen Bodenzusammensetzung (mooriger Thonboden)*), bei seiner, was den Wasserstand betrifft, gegenwärtig günstigen Lage, welche es nie an diesem, gerade für das Gras so wichtigen, Nährstoffe fehlen läßt, mindestens 7000 kg Heu à 20 Mark pro 500 kg, also 280 Mark Rohertrag würde geben können, demnach das vierfache an Wert als zuvor, denn nur auf trockenen Böden oder solchen von ungeeigneter Zusammensetzung darf man daran verzweifeln, diese normalen Ernten nach hinreichender Düngung erzielen zu können.

Durch zweckmäßige Düngung mußten derartige Mehrerträge sich erzielen lassen, und es war a priori nicht daran zu zweifeln, daß die größeren Erträge die Kosten der Düngung reichlich decken würden, schon aus dem Grunde, weil man nach langen Erfahrungen Grasland im wesentlichen nur mit stickstofffreien Stoffen zu düngen braucht, mit billiger Phosphorsäure und Kali, und diese nur einen sehr kleinen Teil

---

thum odoratum, nur zwischen 2 und 3% variierte. *Carex vulgaris* haben wir in Übereinstimmung mit andern Untersuchern nicht reich an Kieselsäure gefunden.

*) Die Analyse des Bodens ergab:

Humus (Glühverlust)	21 %	
Phosphorsäure	0,12 „	in verdünnter Säure unlöslich.
Kali	0,08 „	
Kalk	0,97 „	
Stickstoff (leicht verfügbar)	0,03 „	

Nur eine sehr geringe Menge Sandteile; also eine günstige Zusammensetzung, wenn schon die in so reichlicher Menge vorhandene Phosphorsäure, als in einer sehr schwer löslichen Form anwesend, betrachtet werden muß. Die Wasserabfuhr ist jetzt wenigstens im Gegensatze zu früheren Zeiten gut geregelt; das heißt, man wird das überflüssige Wasser in befriedigender Weise los, so daß das Land heute auch im Winter nur selten unter Wasser steht, während auch im trockensten Teile des Sommers noch Wasser in den Gräben stehen blieb.

des Wertes besitzen von dem Heu, welches sie produzieren helfen. 500 kg Heu enthalten etwa 8 kg Kali und 2 kg Phosphorsäure und diese kosten heutzutage in unserer Gegend zusammen reichlich 4 Mark. — Es ist dieses nur ein Siebentel oder Achtel des Heuwertes, wenn dieses Heu wirklich von guter Qualität ist. Daraus folgt schon, daß jede Düngung mit Aschenbestandteilen vorteilhaft sein muß, im Falle man diese in richtiger Menge und Form giebt, so daß sie auch größtenteils in das zu produzierende Kulturgewächs übergehen.

Weg	
1	9
2	10
3	11
4	12
5	13
6	14
7	15
8	16

Zum Überfluß lehrt auch die Erfahrung, daß Düngung von Grasland mit Kalisalzen und Phosphaten, speziell bei den heutigen niedrigen Preisen dieser Düngestoffe sehr große Vorteile gewähren kann. Von dem Lande nun, welches sich in dem soeben beschriebenen Zustande befand, pachteten wir ein Stück in der Größe von $^{8}/_{10}$ ha und bestimmten dieses zum Versuchsfeld. Das Versuchsfeld war vollkommen flach und in der Vegetation sehr gleichmäßig. Nur an der Wegseite, da wo Parzelle 1 und 9 lagen, war das Land von etwas besserer Qualität.

Das Versuchsfeld wurde nun, wie nebenstehende Figur andeutet, in 16 gleich große Parzellen eingeteilt, von welchen jede einzelne fünf Are groß war, und im Anfang November 1887 mit den unten angegebenen Düngestoffen gedüngt. Die angegebenen Mengen sind auf die Hektare berechnet.

	Thomasschlackenmehl.	*Kainit.*	*Gebrannter Kalk.*
Parzelle 2 und 9	500 kg	500 kg	— kg
„ 3 „ 12	— „	500 „	— „
„ 4	500 „	— „	— „
„ 11	500 „	— „	600 „
„ 5 „ 14	500 „	500 „	600 „
„ 7 „ 16	— „	— „	600 „
„ 8 „ 15	— „	500 „	600 „.

Es kommen demnach alle möglichen Kombinationen von den drei gebrauchten Düngestoffen vor, welche übrigens auf den verschiedenen Parzellen in derselben Quantität angewandt wurden. Den Kalk hatte man schon einen Monat im voraus in Haufen auf das Land gesetzt und mit Rasenstücken bedeckt. Beim Ausstreuen zeigte sich, daß er sich genügend in feinen, gelöschten Kalk umgesetzt hatte.

Die Parzellen 1, 6, 10 und 13 blieben ungedüngt. Davon wurden zwei (6 und 13) ganz auf die alte Weise behandelt, d. h. nur einmal im August geschnitten, die beiden andren dagegen, ebenso wie die gedüngten Parzellen, zweimal jährlich abgemäht.

Die Düngungen mit Thomasschlackenmehl und Kainit, jedoch nicht die mit Kalk, wurden im Dezember 1888 noch einmal wiederholt. Einjährige Düngungsversuche auf Wiesen haben ohnedies keinen Sinn, weil zunächst die Vegetation sich ändert, und erst nach und nach die für die neue Ernährungsweise charakteristischen Erträge sich einstellen*).

*) Vergl. Wagner: Düngungsfragen IV, 1900, p. 60.

Geerntet wurde am 9. Juli und am 19. Oktober 1888, am 12. Juni und am 6. September 1889, auf den Parzellen 6 und 13 im August und zwar in beiden Jahren zusammen nachfolgende Mengen:

Parzelle.	*Düngung.*	*Geerntet pro ha.*	*Mehrertrag* gegenüber der vorher üblichen Methode.	*Wert.*	*Düngungskosten.*	*Vorteil.*
6 u. 13	ungedüngt	7780	kg einmal geschnitten.			
10*)	„	7420	„ zweimal geschnitten.			
7 u. 16	Kalk	7900	„ 120 kg	6 Mark	10 Mark	— Mark
3 u. 12	Kainit	9350	„ 1570 „	78,5 „	58 „	20,5 „
4	Phosphat	9400	„ 1620 „	81 „	33,3 „	47,7 „
8 u. 15	Kainit und Kalk	8700	„ 920 „	46 „	68,3 „	— „
11	Phosphat und Kalk	9940	„ 2160 „	106 „	43,3 „	62,7 „
2	Kainit und Phosphat	9700	„ 1920 „	96 „	91,6 „	4,4 „
5 u. 14	alle drei Düngemittel	12280	„ 4500 „	225 „	101,7 „	123,3 „.

Was die Bedeutung dieser Resultate betrifft, so muß man im Auge behalten, daß der Schwerpunkt nicht in der Masse, sondern in der Qualität des Heues liegt. Aber dieses verhindert nicht, daß wir vorläufig die Quantität beurteilen.

Das zweimalige Mähen, wohl zu verstehen, wenn man nichts thut, um die produktive Kraft des Bodens zu steigern, hat entschieden ein ungünstiges Resultat gehabt, ganz in Übereinstimmung mit dem Urteil der Landwirte, welche das einmalige Ernten auf dieser Art von Wiesenländereien als die einzig richtige Methode verteidigen. — Die Sache ist in der That sehr einfach. Im natürlichen Zustande haben sich auf diesen armen Wiesenländern Pflanzen angesiedelt, welche nur wenig Pflanzennährstoffe brauchen; denn gerade diese haben unter diesen Umständen die meisten Aussichten, sich im Kampf ums Dasein zu erhalten. Das sind jedoch nicht die guten Gräser, sondern allerlei andere Pflanzen, welche sich erst spät im Frühjahr entwickeln und erst in der zweiten Hälfte des Sommers erwachsen sind und welche deshalb gerade durch eine verfrühte (auf die Gräser berechnete) Erntezeit in der Entwickelung gehemmt werden. Wer nicht düngen will oder kann und nicht frägt, **was** er erntet, sondern nur **wieviel**, wird auch, ganz abgesehen von dem im Spätsommer meist günstigeren Wetter und den doppelten Mähelöhnen, besser bei dem alten System, bei welchem er im August erntete, bleiben. — Von den Düngestoffen hat der Kalk, allein angewendet, in den ersten zwei Jahren nur den geringen Mehrertrag von beinahe 500 kg Heu gegenüber den gleich behandelten nicht gedüngten Parzellen, jedoch nur einen Mehrertrag von 120 kg gegenüber denjenigen Parzellen gegeben, welche nur einmal jährlich geschnitten wurden. Kainit hat dagegen, sogar verglichen mit den letztgenannten, 1570 kg Mehrertrag, Thomasschlackenmehl noch einen etwas größeren gegeben; beide gleichzeitig angewandt gaben sogar 1920 kg Mehrertrag. Am größten war jedoch der Mehrertrag, welcher bei gleichzeitiger An-

---

*) Parzelle 1 u. 9 sind bei dieser Kalkulation weggelassen, da sie, als am dichtesten am Wege liegend, verhältnismäßig zu hohe Resultate gegeben hatten. Dagegen waren bei den übrigen gleich behandelten Parzellen sehr befriedigend übereinstimmende Resultate erzielt worden.

wendung von allen drei Düngestoffen erzielt wurde, nämlich 4500 kg in beiden Jahren zusammen, während eine einseitige Kalkzufuhr zwar die Phosphatdüngung, nicht aber die Kainitdüngung vorteilhafter machte.

Ob diese Mehrerträge aber oder welche von diesen rentabel gewesen sind, ist bei der großen Wichtigkeit, welche die Qualität der Ernte mit in die Wagschale legt, erst festzustellen nach Beurteilung der letzteren. Eine Verbesserung der Grasarten auf den rationell gedüngten Parzellen war schon bei der botanischen Analyse des Öhmdheues in 1888 zu konstatieren. Z. B. fanden wir damals zum erstenmal das gute Gras Phleum pratense auf den Parzellen 2 und 9, welche beide mit Kainit und Phosphat gedüngt waren. Trifolium pratense wurde zur selben Zeit gesehen auf Parzelle 5, eine der beiden, welche eine vollständige Düngung erhalten hatte, Holcus lanatus auf Parzelle 3, mit Kainit gedüngt, gleichfalls auf Parzelle 14, welche eine volle Düngung erhalten hatte; zwar auch auf Parzelle 10, obgleich diese ungedüngt blieb, auf welcher aber die neue Maßregel des zweimaligen Erntens, welche auf die Entwickelung der Gräser einen günstigen Einfluß übt, in Anwendung gebracht wurde.

Auch noch eine andere Kleeart, Medicago lupulina, wurde damals auf der mit Kali und Phosphorsäure gedüngten Parzelle 9 nachgewiesen.

Wichtiger ist aber in dieser Hinsicht eine zweite botanische Untersuchung, welche im Juni 1889 ausgeführt wurde*). Auf Parzelle 2 (Düngung mit Kainit und Phosphat) wurde damals viel Rotklee gefunden, ferner Medicago lupulina und von Gräsern Holcus lanatus. Daneben war die ältere Vegetation natürlich noch nicht verschwunden, aber doch schon mehr in den Hintergrund gedrängt. Ungefähr ebenso hatten sich die mit allen drei Stoffen gedüngten Parzellen 5 und 14 verändert. Die übrigen (einseitig gedüngten) Parzellen zeigten weniger Veränderung, am wenigsten diejenigen, welche keine Phosphorsäure erhalten hatten.

Aus diesen Daten folgt zum deutlichsten, daß wir nicht nur zu rechnen haben mit den Mehrerträgen, sondern auch mit dem Wert dieser Mehrerträge. Denn, wenn auch die schlechten Gräser und geringwertigen Unkräuter nicht auf einmal verschwinden, so ist doch klar, daß im vorliegenden Falle wenigstens in demselben

*) Die Beurteilung im Juni 1890 ergab:

	Parzelle 5 u. 14 (vollständige Düngung).	**Parzelle 6 u. 13** (ungedüngt und einmal geschnitten).
Gute Gräser:	viel *Anthoxanthum odoratum*	wenig *Anthox. odoratum.*
	u. *Holcus lanatus*, dann	„ *Holcus lanatus.*
	Festuca rubra (auf einer der Parzellen).	—
Kleearten:	viel *Trifolium pratense;* dann	—
	Medicago lupulina.	wenig *Medicago lupulina.*
	Vicia spec.	„ *Vicia* spec.
Gräser von geringer Qualität:	*Cynosurus cristatus*	„ *Cynosurus cristatus.*
	Briza media.	*Briza media.*
Unkräuter:	*Potentilla Anserina.*	*Juncus* spec.
	wenig *Phragmites communis.*	*Phragmites communis.*
	Scirpus spec. (Binse).	viel *Scirpus* spec.
	Galinm spec.	*Rhinanthus* major.

Maße, als größere Erträge erzielt werden, auch der Wert des Gesamtertrages der auf diese Weise behandelten Parzellen steigt.

Um dieses Faktum auf die richtige Weise in Rechnung zu bringen, würde man jeder Parzelle eine bestimmte Qualitätsnote geben können, mit welcher man dann die Quantitätsziffer zu multiplizieren hätte. Einfacher und beinahe ebenso gerecht scheint mir jedoch, die Mehrerträge in Rechnung zu bringen, als besonders gutes Heu, welches in Holland unter mittleren Umständen einen Wert von 25 Mark pro 500 kg repräsentiert, weil in demselben Maße wie die Quantität sich in der Regel auch die Qualität des Grases gebessert hat. Die Zahlen, welche in obenstehender Tabelle den Wert ausdrücken, sind auf diese Weise berechnet.

Nach dieser Berechnungsweise zeigt sich, welche ansehnlichen Gewinne schon nach den beiden ersten Jahren erzielt wurden, hauptsächlich bei einer vollständigen Düngung mit allen drei Bestandteilen, aber auch in geringerem Grade in all den Fällen, in welchen das Phosphat Bestandteil der Düngung war. Auch Kainit allein giebt noch eine anständige Rente, und nur dieser mit Kalk gemischt oder Kalk allein hören sofort zu rentieren auf.

Außerdem kommt noch in Betracht, daß die Verbesserung auf Parzelle 5 und 14 eine länger dauernde ist, hauptsächlich weil ein großer Vorrat an Phosphorsäure, 170 kg, in den Boden gebracht worden ist und Phosphorsäure in dieser Form lange verfügbar bleibt, während eine Heuernte von 7000 kg jährlich nur 28 kg aus dem Boden zieht. Später also braucht man nur noch regelmäßig mit Kainit zu düngen, während Phosphat und Kalk nur von Zeit zu Zeit auf den Boden gebracht zu werden brauchen und dann für Jahre ausreichen. Dadurch kommen die durchschnittlichen jährlichen Düngungskosten nur auf etwa 50—66 Mark zu stehen, während die großen Ernten sich konstant einstellen, ja, durch die langsame Verbesserung des Pflanzenwuchses sich sogar noch sowohl quantitativ als qualitativ verbessern werden, bis das Maximum erreicht ist.

Durch dieses Beispiel eines praktischen Düngungsversuches sind wir also in stand gesetzt, besser als durch die vorausgehende theoretische Erläuterung darüber zu urteilen, in welchen Fällen ein solcher anzuwenden und was etwa aus demselben zu schließen ist. Da die Resultate solcher Versuche wenig exakt zu sein pflegen, so kombiniert man auch wohl die von verschiedenen Jahren oder gar von verschiedenen Feldern*), wobei aber die aus solchen Kombinationen**) sich ergebenden Dünge-

*) Dies ist die sogenannte statistische Behandlungsweise der Düngungsversuche, welcher der Verfasser dieser Vorl. schon früher (Naturforscherversammlung zu Wiesbaden 1873) das Wort geredet hat. Natürlich darf man aber nur Dinge kombinieren, deren fehlerhafte Abweichungen zu der Gesamtzahl der Einzelerfahrungen in einem weiten Verhältnisse stehen; nur dann ist Aussicht vorhanden, daß jene durch das Gesetz die großen Zahlen verschwinden. Hiergegen ist öfter, noch neuerdings bei den österreich. Thomasdüngungen verstoßen worden.

**) Wagner schreibt in seiner vortrefflichen und gekrönten Schrift: Der Düngerwert etc. der Thomasschlacke, 1888, p. 24, gegen diese „summarische Methode“ und setzt den Fall, daß in zwei verschiedenen Fällen sehr verschiedene Mehrerträgnisse erhalten worden seien, indem er sagt, daß dies mittlere Mehrerträgnis für einen dritten Fall, der sich entweder dem ersten oder dem zweiten Fall nähere oder aber für ganz neue unbekannte

regeln natürlich nur für mittlere, innerhalb der zur Kombination gebrauchten Fälle liegenden Verhältnisse von Geltung sein können.

Neben den agrikulturchemischen und praktischen Düngungsversuchen wären in letzter Linie endlich noch die demonstrativen Versuche zu nennen, die im Gegensatz zu jenen dem Versuchsansteller nichts Neues lehren, sondern von diesem als Lehrmittel von schon Bekanntem gegenüber ungläubigen Landwirten gebraucht werden sollen. Wenn die Düngungsversuche häufig auf kleinen Parzellen, wie etwa 5 Aren, sehr vorteilhaft ausgeführt werden, so wählt man am besten zu Demonstrationsfeldern ganze Hektaren, am liebsten an besuchten Landstraßen gelegen und mit in die Augen fallenden Plakaten versehen. Dieses Zweiges der Experimentierkunst haben sich die Franzosen mit besonderer Vorliebe angenommen, wie sie ja überhaupt in der Kunst der imposanten Schaustellung andere Nationen hinter sich gelassen haben **).

Im ganzen kann man also unterscheiden:

1) den *Vegetationsversuch*, zur Ermittlung der Nährstoffe uud anderer Vegetationsbedingungen;
2) den *agrikulturchemischen Düngungsversuch*, hauptsächlich zur Feststellung des relativen Wertes verschiedener Verbindungsformen sowie zur Ermittelung des spezifischen Bedarfes bestimmter Gewächse;
3) den *praktischen Düngungsversuch*, zur Ermittlung der Rentabilität einer bestimmten Düngungsweise für lokale Verhältnisse;
4) den *Demonstrationsversuch*, zur Verbreitung nützlicher Düngungsweisen in den Kreisen der Interessenten.

Verhältnisse gelte, gar keinen Wert habe. Er vergißt meines Erachtens hierbei, daß dergleichen Mittelzahlen überhaupt nur einen ideellen Wert haben, die gerade so in der Wirklichkeit vielleicht nirgends vorkommen. Es verhält sich damit ungefähr wie mit den Bruchteilen von Individuen, denen man häufig in der Statistik begegnet, und die man ebenso ad absurdum führen könnte durch den Hinweis, daß solche Bruchteile überhaupt nicht existenzfähig seien. — Offenbar ist nichts Unlogisches darin zu behaupten, daß eine gewisse Düngung für eine Summe von praktischen Fällen im Mittel einen bestimmten Ertrag gegeben habe, der nach der Kalkulation entweder rentabel oder unrentabel ist. Das Konstatieren einer solchen Mittelzahl hat offenbar einen Wert für denjenigen Landwirt, der über die Eigenschaft seines Landes nicht weiter unterrichtet ist, als daß er eben innerhalb der Sorten von Land sich befindet, auf welche die wirklich ausgeführten Versuche sich erstrecken, während er natürlich, wenn er in dieser Beziehung besser instruiert ist, sich im besondern an die Fälle halten wird, die den seinen möglichst entsprechen. Die Mittelzahl hat den Wert einer Chance, von der man wohl weiß, daß große Abweichungen vorkommen können, die aber, wenn sie günstig ist, doch zu dem Einschlagen der betreffenden Maßregel ermutigt. Von dem relativ höheren oder geringeren Werte einer solchen Zahl kann wohl die Rede sein, aber niemals von einem Verstoß gegen die gesunde Logik beim Anführen derselben. Auch ist der Ausdruck auf p. 28 „mit den Gesetzen der Logik in allzugroßem Widerspruche“ wenig glücklich, da es in Bezug auf wahr oder falsch schlechterdings keinen Komparativus giebt.

**) Vergl. Tisserand: Congrès international d'agriculture à la Haye, 1891. Compt. rend., p. 83.

Endlich kann man noch unterscheiden Topfversuche, lediglich zu dem Zweck, die Bodenanalyse zu ersetzen. Diese gehören aber gar nicht hierher und sind in neuerer Zeit wohl als Methode zur physiologischen Analyse des Bodens unterschieden worden*).

**) Vergl. z. B. die Veröffentlichung von C. Schreiber in Hasselt (Belgien).

Fünfzehnte Vorlesung.

Die Düngung vom wirtschaftlichen Standpunkte aus. — Die wirtschaftlichen Faktoren des Pflanzenbaus und ihre Zerlegung. — Das Düngerkapital und die wirtschaftlichen Gesetze seiner Verwendung.

Mit dem Schlusse der letzten Vorlesung ist der rein *physische Teil* unserer Aufgabe, d. h. der Teil, der sich auf die Technik des Ackerbaus bezieht, als beendet anzusehen, und damit ist zugleich gesagt, daß wir mit den Gegenständen, welche nach den herrschenden Begriffen ins Gebiet der Agrikulturchemie gehören, abgeschlossen haben. Allein wir haben schon in der Einleitung zu diesen Vorträgen hervorgehoben, daß wir uns mit diesem Abschluß nicht begnügen würden, daß wir vielmehr, um zur Beantwortung einiger der wichtigsten Fragen auf dem Gebiete des Feldbaus, welche zudem vor nicht gar langer Zeit Tagesfragen gewesen sind, die nötige Befähigung zu besitzen, noch einige Gesichtspunkte aus einer ganz anderen Disziplin berücksichtigen müssen, — aus einer Disziplin, die nach der üblichen Arbeitsteilung der Wissenschaften als den Naturwissenschaften oder gar speziell der Chemie sehr fernestehend angesehen wird. Wir haben dies nun einzuschlagende Verfahren, welches von dem Standpunkt einer pedantischen Kastenordnung der Wissenschaften als geradezu unverzeihlich erscheinen müßte, einfach mit Zweckmäßigkeitsgründen, welche wir in allen angewandten Wissenschaften als leitendes Prinzip zu betrachten haben, entschuldigt, und ich hoffe, daß die Resultate, welche wir auf diese Weise erlangen werden, bei einem jeden desgleichen diese Entschuldigung erwerben sollen.

Die wissenschaftliche Disziplin, welche wir nun um ihren Beistand ersuchen, ist die *Volkswirtschaftslehre,* und die Notwendigkeit der Berücksichtigung der von ihr geförderten Gesetze ergiebt sich aus dem Umstand, daß die praktische Landwirtschaft ein Gewerbe ist, dessen Einträglichkeit eben wie die eines jeden andern Gewerbes nicht allein abhängig ist von den physischen Erfolgen irgend einer Operation, sondern in ebenso hohem Grade *von dem wirtschaftlichen Werte dieser Erfolge im Vergleich zu der Mühseligkeit und Kostspieligkeit der vorgenommenen Operation.* Wenn wir z. B. einen Fall aus der uns am nächsten liegenden landwirtschaftlichen Maßregel, der Düngung, wählen, so ist ersichtlich, daß der rein physische Erfolg einer solchen Operation, die Lieferung eines Mehrertrags, mit deren Feststellung sich sonst die Agrikulturchemie allein beschäftigt, nicht entscheidend sein kann für die wirtschaftliche Richtigkeit jener. Der Mehrertrag ist freilich eine notwendige Voraussetzung für die Rentabilität, welche ihrerseits wieder ein Maßstab ist für die wirt-

schaftliche Richtigkeit einer Operation, aber *nicht jeder Mehrertrag ist ein rentabler.* Hierzu ist vielmehr nötig, daß die verwendete Mühe und die Kosten in einem (nach dem üblichen Zinsfuß) festzustellenden Verhältnisse zu dem Preise des Mehrertrags stehen.

Verzichtet der Agrikulturchemiker auf Berücksichtigung dieser Verhältnisse, so ist es ihm niemals möglich, einen in der Praxis direkt brauchbaren Ratschlag zu geben, denn der bewirkte Mehrertrag, über den das Studium der physischen Produktionsgesetze höchstens Aufschluß geben kann, beweist an sich noch nichts für die Rentabilität der Düngung.

Die Vernachlässigung dieser so auf der Hand liegenden Verhältnisse hat in der That unsere Agrikulturchemiker in früherer Zeit zu manchem praktischen Mißgriff verleitet, und wir werden bald von einer großen Irrlehre zu berichten haben, deren hartnäckiger Bestand lediglich der einseitig naturwissenschaftlichen Beurteilung der einschlägigen Fragen, der einseitig naturwissenschaftlichen Bildung derjenigen, welche sich zu ihrer Beurteilung anschickten, zugeschrieben werden muß. Ja, diese einseitige Betrachtungsweise hat bis in die Lehrbücher der praktischen Landwirtschaft hinein ihre unheilvollen Erfolge geltend gemacht. Wird ja doch in vielen dieser Werke als Zweck der Landwirtschaft oder speziell des Pflanzenbaues bezeichnet: auf einem Grundstücke die *möglichst große Menge von Produkten zu erzeugen**), was offenbar grundfalsch ist, und wovon die handgreifliche Unrichtigkeit höchstens in einer intensiven und beispiellos vorteilhaften Periode der Landwirtschaft eine Zeit lang übersehen werden konnte.

Wenn wir indessen von unseren wirtschaftlichen Betrachtungen irgend einen Nutzen erhoffen wollen, so müssen wir zuerst es unternehmen, die in der Volkswirtschaftslehre in Bezug auf die Faktoren der Pflanzenproduktion üblichen Ausdrücke in die klarere naturwissenschaftliche Terminologie zu übersetzen.

Man unterscheidet in jener Wissenschaft für die landwirtschaftliche Pflanzenproduktion höchstens drei streng voneinander geschiedene *Produktionsfaktoren:* *„Grundstücke“*, *„Kapital“* und *„Menschenarbeit“*. Z. T. ist längst erkannt, daß diese Produktionsfaktoren, z. B. der *„der Grundstücke“*, eine größere Anzahl von Bedingungen des Pflanzenwuchses in sich einschließen; aber wir müssen diese Analyse mit größerer Sorgfalt durchführen.

Wir haben zu diesem Zwecke einfach die von uns erkannten Vegetationsbedingungen zu rekapitulieren und zuzusehen, in welcher Weise und Gruppierung sie in diesen nationalökonomischen Produktionsfaktoren enthalten sind; denn wir wissen mit Bestimmtheit im voraus, daß es keine Produktionsfaktoren geben kann, die außerhalb der physischen Vegetationsbedingungen, welche letztere wir samt und sonders kennen gelernt haben, liegen.

Die grünen Pflanzen, zu welchen unsere Kulturgewächse allesamt gehören, haben, wie früher ausführlich dargelegt, zu ihrem Gedeihen notwendig:

---

*) Vergl. in dieser Beziehung namentlich die Schriften von von der Goltz, worin die Folgen dieser Vernachlässigung in ihrer Beziehung zur Unterdrückung des wichtigen Zweiges der Landwirtschaftslehre, den man als Betriebslehre bezeichnet, und in allen ihren schlimmen Konsequenten für die praktische Landwirtschaft dargelegt werden.

1) gewisse Stoffe, nämlich: Wasser, Kohlensäure, Stickstoff (in Form einer beschränkten Anzahl von Verbindungen), Sauerstoff und eine größere Reihe von sogenannten Aschenbestandteilen;

2) gewisse physikalische Bedingungen, die wir nach unseren früheren Ausführungen nicht weiter zu erörtern brauchen;

3) endlich bedürfen jene zur Vollendung ihrer inneren chemischen Arbeiten einer Kraftquelle, des Sonnenlichts.

Durch das gleichzeitige Vorhandensein dieser Bedingungen auf einem Grundstück erhält dasselbe seine Baufähigkeit.

Unsere erste Aufgabe wird nun sein, die einzeln als notwendig erkannten Bedingungen des Pflanzenwachstums darauf zu untersuchen, ob sie „freie" Güter sind. Wir werden mit Sicherheit schließen können, daß diejenigen Vegetationsbedingungen, welche in verhältnismäßig unbegrenzter Menge zur Verfügung stehen, nicht auf den Preis der erzielten Produkte einzuwirken vermögen und darum keine Bestandteile der Produktionsfaktoren im Sinn der Volkswirtschaft sein können.

Wir werden dann zu untersuchen haben, in welcher Weise sich diejenigen Bedingungen der Pflanzenproduktion, die nicht in unbegrenzter Menge zur Verfügung stehen, zu dem Produktionsfaktor „Grundstücke" gruppieren. Schließlich werden wir zusehen, auf welche jener Bedingungen die Menschenhand vermehrend einzuwirken vermag. Diese Vegetationsbedingungen werden dann die beiden anderen Produktionsverfahren, „Menschenarbeit" und „Kapital" zusammensetzen müssen.

Man betrachtet in der Volkswirtschaftslehre die Bestandteile der Atmosphäre, die Wärme und das Licht, als freie Güter, auf deren Vorhandensein in den geeigneten Mengen die Beschaffenheit eines käuflichen Grundstücks keinen Einfluß auszuüben vermag, von denen also durch den Kaufakt nicht Besitz ergriffen werden kann. Diese Anschauungsweise ist jedoch in Bezug auf einige dieser Bestandteile und Eigenschaften unbegründet.

Streng genommen ist der *Sauerstoff* der Luft das einzige wirklich freie Gut unter der großen Reihe von Bedingungen, die zur Pflanzenproduktion unerläßlich sind.

Das Wasser, das wir sonst im wirtschaftlichen Leben mit nur wenig Ausnahmen als ein freies Gut zu betrachten gewöhnt sind, ist kein solches als Bedingung des Gedeihens der Feldfrüchte. Das Verhalten eines Grundstücks zum Wasser, z. B. die Eigenschaft, gefallenes Wasser schneller oder langsamer durchzulassen, verdunsten zu lassen etc., vermag auf dessen Wert in hohem Grade einzuwirken. Wie sehr dergleichen Verhalten dem Wasser gegenüber auf den Wert eines Stückes Land einzuwirken vermag, ersieht man am deutlichsten daraus, daß Meliorationskapitalien, die bloß zur Regulierung jenes Verhaltens gegen Wasser verwandt werden (Drainage, manche Bewässerungsanlagen) im stande sind, den Grundwert sehr bedeutend zu steigern. — Das Verhalten des Bodens zur *Wärme* ist nicht unähnlich dessen Verhalten zum Wasser.

Einer etwas umfassenderen Besprechung bedarf hier allein die so wichtige Bedingung des Pflanzenwuchses, *„das Licht"*. Die leuchtenden Sonnenstrahlen sind die einzige für die Pflanzenwelt zur Verfügung stehende Kraftquelle zur Leistung der

in der chlorophyllhaltigen Zelle sich vollziehenden chemischen Arbeit, welche letztere identisch ist mit der Produktion von organischer Substanz.

Es tritt dabei zunächst die Frage an uns heran, ob das Sonnenlicht, welchem die früher so ausführlich erläuterte Bedeutung für das Leben der grünen Pflanze zukommt, als ein wirtschaftlich freies Gut zu betrachten ist. Wir müssen diese Frage entschieden in dem umgekehrten Sinne, als dies früher von seiten der Volkswirtschaftslehre geschehen ist, beantworten. Es ist völlig unzulässig, Luft und Licht, als zugehörig zum freien Gut der Atmosphäre, in eine Kategorie zu werfen und selbst als freie Güter zu betrachten. Wenn wir an irgend einer Stelle der Atmosphäre eine gewisse Quantität Luft wegfangen und daselbst die nützlichen Eigenschaften derselben in Anspruch nehmen und konsumieren, z. B. den Sauerstoff zur Verbrennung verwenden, so strömt nach dem Ort des Verbrauchs sogleich (infolge der Diffusion und von Wind) neue Luft nach, und wenn auch jemand nur oberhalb seines eigenen Bodens Anstalten machen darf zum Konsum dieser Luft, so stehen ihm doch beliebig große Mengen dieses Gutes zu Gebote, die ihm aus der über dem Besitztum der Nachbarn ruhenden Luftschicht (und von da weiterhin) stetig zufließen, ohne daß die Nachbarn oder alle übrigen, denen durch jenen Eingriff Luft entzogen wird, ein solches Verfahren hindern können. Diese Eigenschaft der Luft verhindert offenbar deren Verteilung an einzelne Besitzer, wie sie für den festen Grund und Boden ausführbar ist, und dies Verhalten, sowie die unerschöpfliche Menge der Luft stempelt sie zum Gemeingut, zum freien Gut.

Anders ist es mit dem Licht. Der Photograph kann das Licht, das auf das Grundstück seines Nachbars fällt, nicht für seine Zwecke benutzen, es sei denn, daß er eine Reflexvorrichtung auf das Dach des Nachbars anbringt, wozu er doch dessen Einwilligung, die völlige Abtretung des Guts bedarf; denn der Nachbar kann ja ebenfalls Photograph sein und das Licht wirtschaftlich ausnutzen wollen. Offenbar stempeln also die physikalischen Gesetze, die den Zufluß des Lichts regeln, dieses zu einem Gut von vollkommener Aneignungsfähigkeit, und es war gewiß ein Irrtum, wenn z. B. Roscher*) glaubte, daß der Photograph nicht mit Erfolg das zu seiner Arbeit notwendige Licht auf die Rechnung seiner Kunden setzen könne. Überall wo, wie z. B. in großen Städten, das Licht nicht in so überflüssigen Mengen vorhanden ist, daß hierdurch eine Entwertung dieses Guts eintritt, wird der Preis für dessen Nutznießung in den Produktionskosten eines photographischen Bildes enthalten sein, und nur die Geringfügigkeit des Preises des Lichts gegenüber dem der anderen photographischen Agentien verführt zur Übersehung dieser Verhältnisse.

Das Licht der Sonne ist also ein völlig aneignungsfähiger Gegenstand, und es ist auch nicht schwer, sich über die Form dieser Aneignung klar zu werden. Mit dem Grund und Boden wird offenbar auch das auf denselben fallende Licht erworben. Man erhält mit der Aneignung desselben das Recht zur Benutzung der Sonnenstrahlen, mit dem Eigentum eines Kapitals von nützlichen Stoffen zugleich eine regelmäßige Rente von Kräften, und nur wer seinen auf diese Weise erworbenen Anteil an Kräften nicht ausnutzt, der verliert erst wieder dieses Besitztum — großenteils durch Ausstrahlung in den Weltenraum.

---

*) Grundlage der Nationalökonomie, p. 52.

Es geht aus dem Gesagten unzweifelhaft hervor, daß die Sonnenstrahlen, deren Anteil an der Pflanzenproduktion wir kennen gelernt haben, als ein Gut, welches mit dem zu dieser Produktion dienenden Grundstück aneignungsfähig ist, einen Bestandteil des Werts eines solchen Grundstücks ausmachen müssen oder wenigstens können.

Es ist unerläßlich, um den Einfluß dieses Agens auf den genannten Wert zu bestimmen, zunächst ein Maß für dasselbe, eine Relation zwischen der Größe des Grundstücks und der Menge der auf dasselbe fallenden Strahlen ausfindig zu machen. — Für gleiche geographische Breite und die gleiche durchschnittliche Bewölkung des Himmels und überhaupt gleichmäßige atmosphärische Absorption des Lichts, also jedenfalls für zwei nahe beisammen liegende Grundstücke ist das Flächenmaß der Projektion eines Grundstücks auf eine zu dem Strahl der Mittagssonne senkrechte Ebene zugleich das Maß für das demselben zu Gebote stehende Quantum von Licht oder von wirksamen Strahlen.

Für Felder in der Ebene oder von gleichartiger und gleichgroßer Neigung kann also, wenn sie nur untereinander verglichen werden, einfach das Flächenmaß des Grundstücks selbst (da hier die Projektion nur proportionale Änderungen herbeiführt) als ein solches Maß für das demselben zu Gebote stehende Licht benutzt werden, selbstverständlich wieder vorausgesetzt, daß die Grundstücke in einer und derselben Gegend liegen.

Hierin liegt nun der Grund dafür, daß das Licht, welches doch einen Bestandteil des Werts eines Grundstücks ausmacht, nicht in dem Preis desselben erkannt wird, indem dieser Bestandteil für Felder von gleicher Lage proportional mit dem gebräuchlichen Flächenmaße, auf welches sich die Preise der Felder beziehen, in demselben enthalten ist. In den Gebirgsgegenden tritt dagegen jener Bestandteil hervor, da hier je nach Sonnenseite oder Schattenseite die Projektion verschieden große Werte ergiebt. Freilich kommt hierbei in erster Linie die wärmende Kraft der Sonnenstrahlen mit ins Spiel, wie aus unseren früheren Ausführungen über diesen Gegenstand zur Genüge hervorgeht*). — Man kauft, mit anderen Worten, in einem Grundstück nicht bloß so und so viel Zentner von Pflanzennährstoffen, sondern außerdem einen komplizierten Apparat, in welchem die regelmäßig eintretende Beleuchtung eines der wesentlichsten Stücke ist.

Hiermit wäre aber nun die Aufsuchung der naturwissenschaftlich einfachen Bedingungen des Pflanzenwachstums und die Betrachtung über die Aneignungsfähigkeit

*) Auch noch andere Betrachtungen führen uns zu dem Resultate, daß die einem Grundstück zu Gebote stehenden Mengen von Sonnenstrahlen dessen Wert und Preis mitbedingen. Ein Ackerfeld, dessen Boden auf zwei Fuß Tiefe in dem Zustand sich befindet, wie er zur Vegetation tauglich ist, wird niemals den doppelten Wert haben als ein ebensolches Feld, das jenen Zustand nur auf einen Fuß Tiefe besitzt, und wird sich in seiner Produktivität wesentlich unterscheiden von zwei Feldern in letzterem Zustand (vergl. Roscher: a. a. O., p. 58, und J. S. Mill: Principles etc., I., Ch. 12), obgleich in jenem genau dieselbe Menge von Stoffen, aus denen die Pflanze ihren Leib aufbaut, enthalten ist, und auch die Wärme und Feuchtigkeitsverhältnisse die gleichen sind. Der enorme in die Augen springende Unterschied ist hier wesentlich bedingt durch die verschiedenen in beiden Fällen zu Gebote stehenden Mengen von Licht.

der sie darstellenden Stoffe, Zustände und Kräfte als beendet anzusehen; denn daß die meisten Nährstoffe des Bodens und ebenso die hier nicht des näheren besprochenen physikalischen Eigenschaften desselben keine freien Güter sind, bedarf keiner besonderen Darlegung. Die Mehrzahl derselben erwies sich als mehr oder weniger vollkommen aneignungsfähig mit dem Grund und Boden. Diese bilden in ihrer Zusammengehörigkeit den nationalökonomischen Produktionsfaktor „Grundstücke". In diesem Produktionsfaktor sind sämtliche Bedingungen des Pflanzenwachstums vorhanden, wenn auch häufig in einem ungünstigen Verhältnis. Darauf beruht die Produktionsfähigkeit eines Stückes Land ohne Zuhülfenahme eines der andern Produktionsfaktoren „Menschenarbeit" und „Kapital", oder strenger, ohne eine andere Arbeitsleistung als die der Okkupation des spontan Gewachsenen. Die Möglichkeit einer lohnenden Anwendung dieser beiden andern Produktionsfaktoren beruht dagegen auf der Möglichkeit der Herstellung eines günstigeren Verhältnisses zwischen den einzelnen Bedingungen des Pflanzenwachstums.

An dieser Stelle haben wir zu erinnern an ein schon früher hervorgehobenes Gesetz*) der Pflanzenproduktion, welches diese jedoch mit vielen andern Produktionsarten gemeinschaftlich hat, alle einzelnen Produktionsbedingungen miteinander betrifft und etwas ganz Allgemeines über deren günstiges Zusammenwirken aussagt. Dasselbe ist geeignet, die Zusammensetzung der sogen. Baufähigkeit des Bodens aus den einzelnen aneignungsfähigen Fruchtbarkeitsbedingungen noch mehr zu verhüllen.

Es giebt ein Verhältnis, in welchem die Vegetationsbedingungen mit dem größten Erfolge zusammenwirken, d. h. die relativ größte Menge von Pflanzensubstanz erzeugen. Von diesem Verhältnis ausgehend vermag die einseitige Vermehrung irgend einer jener Bedingungen keinen Mehrertrag zu bewirken, sondern nur die gleichzeitige Vermehrung aller. Dieses Gesetz läßt sich auch so ausdrücken, daß man sagt: Die Produktion ist abhängig von der im Minimum vorhandenen Produktionsbedingung, sie ist derselben proportional; wobei man dann stillschweigend die relativen Mengen jener Bedingungen, in denen sie am günstigsten zusammenwirken, als ihre resp. Einheiten bezeichnet.

Es ist dieses Produktionsgesetz ein Gesetz sehr allgemeiner Natur und im Grunde identisch mit dem Satze der Unentbehrlichkeit der einzelnen Produktionsbedingungen. Eine jede Erscheinung, die durch das Zusammenwirken mehrerer notwendigen, aber voneinander unabhängigen, Bedingungen zu stande kommt, richtet sich in ihrer Intensität oder der Häufigkeit ihres Eintritts nach der im Minimum vorhandenen Bedingung (in dem eben erläuterten Sinn). Alle Bedingungen, die zu jener im Minimum vorhandenen Bedingung in einem höheren Verhältnis als dem des günstigsten Zusammenwirkens vorhanden sind, bleiben für das Zustandekommen der resultierenden Erscheinung völlig unbenutzt.

Die mögliche Höhe der Ernten bildet die physische Basis für den Wert des Bodens. Die mögliche Höhe der Ernten ist nach dem eben entwickelten Produktionsgesetz, das wir auch in seiner verallgemeinerten Form als das „Gesetz des Minimums" bezeichnen können, abhängig von den im geringsten Maße vorhandenen Produktionsbedingungen, deren beliebige Vermehruug auf einem gegebenen Grundstück nicht wirtschaftlich ausführbar ist.

*) I. Band, 19. Vorlesung.

Wir werden also weiter zu betrachten haben, welche von den Bedingungen, *die möglicherweise im Minimum vorhanden sein können,* einer willkürlichen und wirtschaftlich ausführbaren Vermehrung durch Menschenhand fähig sind, welche nicht. *Nur die ersteren werden Bestandteile der Produktionsfaktoren „Menschenarbeit“ und „Kapital“ sein können.* Diejenigen Bedingungen des Pflanzenwuchses, die als freie Güter angesehen werden mußten, also vor allem der Sauerstoff, bleiben selbstverständlich, da sie keine Bestandteile der nationalökonomischen Produktionsfaktoren sind, von dieser Betrachtung ausgeschlossen.

Das Licht nimmt als Vegetationsbedingung, wie wir sogleich sehen werden, hier eine ganz eigentümliche Stellung ein, eine Stellung, deren Verkennen Veranlassung zu tiefgreifenden Irrtümern geworden ist. Wir sind nämlich nicht im stande, durch künstliche Mittel, also durch Anwendung von Arbeit und Kapital, die Menge des durch „die Grundstücke“ gegebenen Lichts wirksam abzuändern.

Dagegen stehen uns Mittel zu Gebote für die mehr oder minder vollständige Ausnutzung dieser ein für allemal konstanten Menge wirksamer Strahlen, Mittel, denen namentlich darum eine hohe wirtschaftliche Bedeutung zukommt, weil diejenigen Anteile des Lichts, die wir nicht für die Pflanzenproduktion auszunutzen verstehen, entweder durch Übergang in Wärme oder gar durch Zurückstrahlung in den Weltenraum für jene chemische Arbeit in der Pflanze unwiederbringlich verloren sind. Als solche Mittel haben wir anzusehen: Dichte des Bestandes, oft nur zu erzielen durch Anbau verschiedener Früchte untereinander, Vermeidung jeglicher, auch der Winter-Brache; kurz Mittel, die sämtlich den Zweck haben, das Feld möglichst lange und vollständig mit einer assimilierenden, Licht-ausnutzenden grünen Pflanzendecke zu bekleiden.

Die übrigen mit den Grundstücken aneignungsfähigen Bedingungen des Pflanzenwuchses haben wir samt und sonders in der Hand, und es ist in vielen Fällen wirtschaftlich ausführbar, dieselben zu vermehren oder abzuändern. Diese Bedingungen können deshalb Bestandteile der Produktionsfaktoren Kapital und Menschenarbeit sein, und diejenigen wirtschaftlichen Maßregeln, die den Zweck haben, dieselben in einer für die Pflanzenproduktion günstigen Richtung abzuändern, werden Düngung, Bodenbearbeitung, Melioration u. s. w. genannt.

Wir können unter diesen noch übrigen Fruchtbarkeitsbedingungen, die ein so überaus buntes Gemisch darstellen, unterscheiden zwischen zum Pflanzenwachstum *erforderlichen Stoffen* und für dasselbe *geeigneten Zuständen,* die man als „physikalische Beschaffenheit“ der Ackererde zusammenfaßt. Dieselbe kann in mannigfacher Weise durch Menschenhand abgeändert werden. Es kann durch Aufbringen dunkler Substanzen auf das Verhalten eines Bodens gegen Wärme, durch Bodenbearbeitung auf dessen Lockerheit, durch Drainieren auf dessen Durchlässigkeit eingewirkt werden. In gleicher Weise und durchschnittlich mit weit größerem Erfolg ist es möglich, durch wirtschaftliche Manipulationen auf das Vorhandensein der Stoffe, welche die Pflanze im Boden voraussetzt, hinzuwirken. Der wesentliche Zweck der Düngung liegt, wie wir gesehen haben, in der Zufuhr dieser Nährstoffe, und das Kapital, welches für Düngung verausgabt wird, bildet für die meisten Betriebsmethoden einen sehr ansehnlichen Bruchteil des überhaupt zur landwirtschaftlichen Pflanzenproduktion verwendeten Kapitals. Diese Bedingungen des Pflanzenwachstums

stehen also in Bezug auf die wirtschaftliche Möglichkeit ihrer Abänderung im krassesten Gegensatz zu jenen Bedingungen, für deren Abänderung wir der Menschenhand keine Fähigkeit zugestehen konnten, zu den Sonnenstrahlen.

Die Pflanzennährstoffe und auch alle anderen Eigentümlichkeiten des Bodens, auf die wir einzuwirken vermögen, lassen sich betrachten, gleichviel, ob sie im einzelnen Fall sich als natürliche Bodenbestandteile ergeben oder ob sie nachgewiesenermaßen künstlich zugeführt worden sind, als ein *Kapital**), mittelst dessen wir die Ausbeutung der in unabänderlicher Konstanz einem Boden zufließenden Sonnenstrahlen unternehmen.

Bei irgend einer Fabrikation, bei der nur Kapital und Arbeit zur Produktion notwendig sind, können je nach Bedarf die einzelnen Bedingungen zur Hervorbringung des Produkts in beliebigen Verhältnissen zusammengebracht werden. Kein Grund ist vorhanden, daß eine Verdoppelung der Produktion die Produktionskosten auf mehr als das Doppelte steigern sollte. Wenn man dagegen bei der Pflanzenproduktion auch im stande ist, alle übrigen Wachstumsbedingungen durch Zufuhr von Kapital und Arbeit ins Unbegrenzte zu steigern, so ist dies für die Sonnenstrahlen nur möglich durch Verdoppelung der bebauten Bodenfläche, d. h. jedenfalls von dem Zeitpunkte an, wo alles baufähige Land zur Pflanzenproduktion Verwendung findet, ist eine mit der Zufuhr von Kapital und Arbeit proportionale Mehrproduktion nicht mehr möglich. Hierdurch ist der Intensivierung des Feldbaues eine unüberschreitbare Grenze gesetzt, wie sie die Fabrikation im allgemeinen nicht kennt**).

---

*) Rein physisch betrachtet ist offenbar kein Unterschied zwischen den natürlich im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffen und den künstlich durch Düngung hinzugebrachten. Beide verhalten sich in Hinsicht der Pflanzenproduktion völlig gleichwertig, und die durch den Gebrauch der nationalökonomischen Produktionsfaktoren bewirkte Trennung dieser Nährstoffe je nach dem Ursprung, wodurch sie einmal einen Bestandteil der natürlichen Bodenkraft, ein andermal des Betriebskapitals bilden, ist naturwissenschaftlich unmotiviert. Die im Boden enthaltenen Pflanzennährstoffe verhalten sich etwa wie Rohstoffe, welche sich in einem von der Natur errichteten Fabrikgebäude vorfinden. Diese könnten nun aber unbedenklich als Kapital betrachtet werden, gleichviel ob sie durch Menschenarbeit hergestellt oder durch irgend ein Naturereignis Entstehung genommen hätten, da nicht die zufällig geleistete, sondern die zur Zeit durchschnittlich nötige Menge von Arbeit ein Wertmaß für die Güter überhaupt und so auch für die Kapitalgüter abgiebt. Also der Verschmelzung der in einem Grundstücke enthaltenen und der künstlich hinzugebrachten Nährstoffe zu dem Begriffe eines Kapitals steht von seiten der wissenschaftlichen Analyse kein Hinderungsgrund im Wege. Anders aber ist es mit dem Sonnenlichte und hieraus ist erklärlich, warum die ältere nationalökonomische Schule mit einem dunkeln, aber hartnäckigen Vorgefühle eine strenge Scheidung vornimmt zwischen den Faktoren Grundstücke und Kapital, während die neuere durch eine oberflächliche naturwissenschaftliche Auffassung eine Verschmelzung jener Faktoren anstrebt und dann konsequenterweise auch die Existenz einer besondern Grundrente leugnet.

**) Hierbei trifft freilich eine Verwischung der Grenze derart ein, daß schon in einer erheblichen Entfernung von derselben keine proportionale Änderung des Mehrertrags mehr erfolgen kann. So vermag auch auf einem reichen Lande eine Düngung noch einen Mehrertrag zu bewirken, weil z. B. hier und da doch noch eine Stelle im Boden vorhanden ist, die der Wurzel (vielleicht auch nur im Zeitpunkte ihres stärksten Bedarfs) nicht die ganz

Wir glauben nunmehr uns darüber klar geworden zu sein, warum die Grundstücke niemals, ohne gewissen Erscheinungen Zwang anzuthun, als Kapital, die Grundrente niemals ganz und gar als Kapitalzins aufgefaßt werden kann. Jenes Dunkel, welches über das eigentümliche Verhalten jener Faktoren bei der landwirtschaftlichen Produktion waltete, konnte durch eine exakt ausgeführte Zerlegung des Produktionsfaktors Grundstücke in naturwissenschaftlich einfache Vegetationsbedingungen und eine aufmerksame Prüfung auf deren Veränderungsfähigkeit durch Menschenhand völlig beseitigt werden.

Wir hoffen also durch unsere Darlegung dazu berechtigt zu sein, alle durch Menschenhand veränderlichen Bedingungen des Pflanzenwachstums als eine Art von Kapital zu betrachten*), gleichviel auf welche Weise sie in den Boden gelangt sind. Soweit diese Bedingungen in Pflanzennährstoffen bestehen, werden wir sie zweckmäßig unter dem Namen *Düngerkapital* zusammenfassen.

Zur Ableitung der wirtschaftlichen Gesetze der Verwendung des Düngerkapitals stellen wir nun die in der Volkswirtschaftslehre üblichen Betrachtungen an, welche zur Erläuterung der Bedingungen der extensiveren und intensiveren Bewirtschaftungsmethoden dienen. Man unterscheidet bekanntlich die verschiedenen Wirtschaftssysteme nach dem Verhältnis des Zusammenwirkens der früher besprochenen Produktionsfaktoren. Man nennt eine *extensive Bewirtschaftungsmethode* eine solche, bei welcher der Faktor *Grundstücke in relativ großer Menge* verwendet wird, während an den beiden anderen Faktoren gespart wird, eine *intensive* Bewirtschaftungsmethode umgekehrt eine solche, bei der man relativ viel Arbeit und Kapital verwendet, an Grundstücken jedoch möglichst wenig verschwenderisch ist.

Als extensivster Betrieb kann eine Bewirtschaftung angesehen werden, bei der keine mechanische Bearbeitung des Bodens, keine Düngung, keine eigentliche Aussaat erfolgt, wobei sich alle landwirtschaftliche Arbeit nur auf das Einsammeln des zufällig Gewachsenen beschränkt (okkupatorische Wirtschaft**). So behandeln z. B. noch heute die meisten wilden Völkerschaften ihren Boden. Ein extensiverer Betrieb ist in der That undenkbar, und man hat Anstand genommen, einen solchen überhaupt als Bewirtschaftung anzusehen. Im vorliegenden Falle sind die Produktionsfaktoren, Kapital und Menschenarbeit, nahezu gleich Null. Hierin ist augenscheinlich die eine extremste Grenze für die Variationen der Produktionsfaktoren gegeben.

---

ausreichende Ernährung zu bieten vermag, während die übrigen Stellen schon einen Überfluß besitzen. Daher rührt es, daß die Beschränkung der Produktion auf eine Ackerfläche, wie Mill sich ausdrückt, nicht „dem Hindernis einer entgegenstehenden Wand gleicht, welche unbeweglich an einer bestimmten Stelle steht und der Bewegung nicht eher ein Hemmnis darbietet, als bis sie dieselbe gänzlich aufhält“, sondern daß wir sie vergleichen können „mit einem elastischen und ausdehnbaren Band, das kaum je so heftig gespannt wird, daß es nicht möglicherweise noch etwas mehr gespannt werden könnte, obschon sein Druck lange vorher gefühlt wird, ehe die äußerste Grenze erreicht ist, und um so stärker gefühlt wird, je mehr man sich dieser Grenze nähert“.

*) So wird auch deutlich, warum Meliorationskapitalien von der Zeit der Anlage an ihre Eigenschaft als Kapital einbüßen und einen Bestandteil des Bodenwertes ausmachen.

**) Roscher: Nationalökonomie des Ackerbaus, 1865, p. 15.

In diesem Falle extensivster Bewirtschaftung kann man reden von der Vertretung jener beiden ganz wegfallenden Faktoren durch „die Grundstücke“ *). Man braucht nur zu bedenken, eine wieviel größere Bodenfläche zur Produktion einer beliebigen Nutzpflanze in Anspruch genommen werden muß, wenn man den Boden sich völlig selbst überläßt, ihn so zugleich eine große Menge nicht nutzbarer Pflanzen hervorbringen läßt und nirgends die zufällig stets vorhandenen Vegetationshindernisse beseitigt.

Eine Vertretung in dieser Richtung ist möglich, weil der nationalökonomische Faktor Grundstücke großenteils schon ähnliche Pflanzenwachstumsbedingungen in sich enthält und in sich entwickelt, als auch durch Kapital und Arbeit hinzugebracht werden. Dadurch, daß man ein Grundstück eine gewisse Zeit lang liegen läßt, werden auf dem Wege der Verwitterung Pflanzennährstoffe verfügbar, welche sonst durch Düngung hätten hinzugebracht werden müssen. Ähnlich ist es mit manchen physikalischen Eigenschaften.

Zunächst reihen sich dann an diese Methoden extensivster Bewirtschaftung diejenigen Betriebsmethoden an, wo eine seichte Bodenbearbeitung, in der Regel verbunden mit künstlicher Aussaat, beginnt, dagegen noch keine Düngung**) vorgenommen wird. Die Bebauung vieler Kolonialländer, auch großer Teile der westlichen Vereinigten Staaten, Ungarns und Südrußlands giebt hierfür die nötigen Belege. Auch hier tritt der Produktionsfaktor Grundstücke noch in starkem Verhältnis für Arbeit und Kapital ein; denn während man bei intensiveren Betrieben die durch den andauernden Anbau nach und nach geschwächte Bodenkraft durch Düngung und starke Bodenbearbeitung wiederherstellt, geschieht hier, wenn nötig, dasselbe ohne Aufwand solcher Kapitalien und Arbeitskräfte, durch einfaches Ruhenlassen des bebaut gewesenen Ackerlandes oder durch Liegenlassen desselben als langjähriges Weideland. — Die Zweckmäßigkeit eines solchen Verfahrens erklärt sich einfach aus dem Umstand, daß in solchen Perioden die Grundrente niedrig, Kapitalrente und Arbeitslohn aber verhältnismäßig teuer ist, und man besser die Rente eines Grundstücks dadurch entbehrt, daß es unbebaut bleibt, als das teure Kapital und die teure Arbeit, die notwendig wäre, um dasselbe auf einem anderen Wege zu erreichen, bezahlt oder aufwendet.

Bei weiterer *Intensivierung* der Betriebsmethoden treten nun immer mehr die beiden anderen Produktionsfaktoren in den Vordergrund, je nach den sonstigen Verhältnissen bald mehr der eine, bald mehr der andere. Immer ängstlicher spart man mit dem Faktor Grundstücke. Man geht schließlich so weit, die Brache, die offenbar hauptsächlich eine Verschwendung dieses Faktors repräsentiert, vollständig abzuschaffen, dann selbst mehrere Ernten jährlich zu entnehmen, kurz zu den Betriebsmethoden überzugehen, die wir in unsern dichtbevölkerten Ländern ausgebildet sehen.

Für unsern Zweck müssen wir nun hauptsächlich darauf aufmerksam machen, daß die für Intensivierung des Feldbaus erfolgende stete Zunahme der Verwendung

*) Freilich nicht ganz strenge, da doch immer die Arbeit des Einsammelns geleistet werden muß, und ganz allgemein, da ohne den Faktor Arbeit der Begriff Gütererzeugung wegfällt.

**) v. Haxthausen: Studien über die inneren Zustände Rußlands, II, p. 155 u. f.

von Kapital auf Pflanzenproduktion insbesondere auch gilt für das auf Düngung verwendete Kapital. Bei den extensivsten Bewirtschaftungsarten wird keine Düngung vorgenommen. Fängt der Betrieb an, sich zu intensivieren, so wird mit der Zeit die Düngung mit natürlichen Düngern, welche bis dahin als völlig wertlose Stoffe angesehen waren, sich als rentabel erweisen, bis dann nach und nach sogar die Anwendung teurer Fabrikate und weither transportierter Materialien als Dünger möglich erscheint.

Bei der Methode, die für die extensive Bewirtschaftung am charakteristischsten ist, wo also nur ein Teil der vorhandenen Grundstücke dem Anbau, dessen Manipulation sich auf eine seichte Bodenbearbeitung und die Aussaat beschränkt, unterliegen, sind nahezu sämtliche Vegetationsbedingungen durch die Grundstücke selbst repräsentiert; nur einige physikalischen Eigenschaften des Bodens sind durch Arbeit abgeändert worden, worin die ganze Gegenleistung in jenen Perioden besteht. — Nun gelangen wir aber mit Sicherheit zu dem Schluß, daß durch einen solchen extensiven Betrieb selbst *gewisse im Boden enthaltene Vegetationsbedingungen notwendig eine successive Änderung* erfahren müssen. Es ist eine selbstverständliche Folge dieses Betriebs, daß das Düngerkapital in dem von uns gebrauchten Sinn dem Boden stets mehr und mehr entzogen wird. Eine solche extensive Bewirtschaftung ist stets ein eigentlicher Raubbau*) im Liebigschen Sinne des Worts.

Wenn wir nun nach den wirtschaftlichen Gründen fragen, die zu einem solchen Systeme drängen, so erfahren wir, daß es stets die relative Spärlichkeit der Bevölkerung oder genauer, ein relativ kleines Absatzgebiet für landwirtschaftliche Erzeugnisse ist, welches die in Rede stehende Betriebsmethode mit Notwendigkeit nach sich zieht. Die nähere Begründung der wirtschaftlichen Richtigkeit jener extensiven Betriebsmethoden und des mit diesen fast stets in Verbindung stehenden Raubbaus kann jedoch erst nach weiteren Ausführungen vorgenommen werden.

Auf ein gewisses Land mit einem Produktenmarkt von gewisser Größe fällt eine ganz bestimmte Menge auf Pflanzenproduktion wirkender Sonnenstrahlen. Wo eine extensive Bewirtschaftungsmethode herrscht, da genügt die zur Verfügung stehende Menge von Sonnenstrahlen stets, um das Mehrfache des Bedarfs an Pflanzenproduktion möglicherweise hervorzubringen. Ebenso ist in diesem Falle das im Boden vorhandene Düngerkapital mehr als genügend für den Bedarf. Dies ergiebt sich aus leicht anzustellenden Betrachtungen über die Möglichkeit der Ertragssteigerung durch Mittel, die außerhalb jener beiden Produktionsbedingungen liegen. Da nun der Wiederersatz des mit jeder Ernte ausgeführten Anteils des Düngerkapitals Kosten machen würde, Kosten, die durch den bei bereits befriedigtem Bedarf stets abnehmenden Produktenpreis nicht bezahlt werden würden, so ist offenbar kein Anlaß dazu vorhanden, die auf die Ländereien fallenden Strahlen vollständiger auszunutzen. Das im Boden noch vorhandene Düngerkapital genügt mehr als vollständig, um diejenigen Mengen von Sonnenstrahlen, deren man gerade bedarf, zur Produktion von organischer Substanz zu veranlassen.

*) Obgleich extensive Betriebe bestehen mit ziemlich reichlicher Düngung, z. B. die der sog. „volunteering crops“ in Nordamerika. Es beruhen dergleichen Ausnahmen von der von uns dargelegten Regel auf der für unsere Zwecke berechtigten Vernachlässigung der Begriffsverschiedenheit: Arbeits-extensiv und Kapital-extensiv.

Ein großer natürlicher Reichtum des Bodens an Düngerkapital muß ähnliche Betriebsmethoden nach sich ziehen wie die relative Beschränkung des Produktenmarkts, denn in diesem Falle wird eine Raubwirtschaft länger bestehen können. Das jahrzehntelange Fortbestehen des Raubbaues auf den neu dem Meere abgewonnenen Poldern Hollands und anderer Küstenländer ist das beste Beispiel hierfür. — Hierdurch ist allerdings im Grunde nichts Neues gesagt. Es wird nur darauf hingedeutet, daß es nicht auf irgend eine absolute Bevölkerungsmenge, die sich auf Kosten des produzierenden Bodens ernährt, und ebensowenig auf eine absolute Fruchtbarkeit ankommt, sondern lediglich auf das Verhältnis dieser beiden Größen, welches jedoch alsdann den Grad der Extensität oder Intensität vollständig bestimmt. Ist der natürliche Bodenreichtum größer, als zu derjenigen „Ausbeutung der Sonnenstrahlen“ erforderlich ist, die nun gerade die wirtschaftlich richtige ist, so ist eine stete Ausfuhr der in der Ernte enthaltenen Düngerbestandteile ohne Wiederersatz die Folge dieses Verhältnisses, der Raubbau das einzig rentable Ackerbausystem. Gerade so wie bei den intensiveren Betriebsmethoden Mehrerträge für eine gewisse weitere Anhäufung des Düngerkapitals durch Aufbringen einer gewissen weiteren Menge von Dünger aufhören rentabel zu sein, gerade so findet dies bei jenen extensivsten Methoden schon für die Anhäufung des Düngerkapitals durch die allerkleinste Düngung statt.

Wir sind so zu der Erkenntnis gelangt, daß es zum Zustandekommen des einen oder des anderen Wirtschaftssystems lediglich auf das Verhältnis der Fruchtbarkeit der Felder zur Bevölkerung des Landes oder strenger zu derjenigen Bevölkerung, die noch möglicherweise durch den Handel mit den landwirtschaftlichen Produkten versorgt werden kann, ankommt.

Eine kurze Überlegung genügt nun, um uns einsehen zu lassen, daß für die kulturgeschichtliche Entwicklung der Betriebsmethoden stets zwei Momente vorhanden sind, die jenes Verhältnis abzuändern bestrebt sind, und zwar meistens in einem und demselben Sinne. Dies sind: die Änderung des Bevölkerungsstandes, mithin der Größe des Produktenmarktes, und die eben berührte notwendige Abnahme der Fruchtbarkeit der Äcker infolge aller der Betriebsmethoden, die nicht mindestens die volle Integrität des umlaufenden Düngerkapitals bewirken. Als drittes Moment würde man noch hinzufügen können: die Verbesserung der Verkehrsmittel doch wirkt dieses, wie schon angedeutet, im selben Sinne wie das erste. Beide lassen sich zusammenfassen unter dem Gesichtspunkte: Erweiterung des Absatzgebietes.

Die Ackerfelder werden durch eine konsequente Ausraubung des ihnen innewohnenden Düngerkapitals, welche ja auch bei den schon etwas intensiveren Methoden des teilweisen Wiederersatzes (Stallmistwirtschaft bei Ausfuhr von Getreide und Vieh) stattfindet, von Jahr zu Jahr unfähiger, die zu Gebote stehenden Sonnenstrahlen der Pflanzenproduktion dienstbar zu machen, und so muß auch bei sich gleichbleibender Bevölkerung der Punkt endlich eintreten, wo das dem Boden verbliebene Düngerkapital nicht mehr fähig ist, diejenige Menge von Sonnenstrahlen, deren man zur Produktion dringend bedarf, zu derselben zu veranlassen. Unter diesen Umständen wird die Größe der Produktion offenbar durch das nun endlich unter den Vegetationsbedingungen im Minimum vorhandene Düngerkapital bestimmt, und die ganze überschüssige Menge von Sonnenstrahlen ist für landwirtschaftliche Zwecke

völlig verloren. Nun fängt natürlich die Düngung, zunächst mit natürlichen Düngern, an, in hohem Maße rentabel zu werden. Nur geschieht dies nicht, wie bei unserer Betrachtung plötzlich und ruckweise, sondern schon lange vorher, obwohl in geringerem Grade*). — Dies ist das eine Moment, welches unabhängig von der Größe des Markts stets auf eine Intensivierung der landwirtschaftlichen Betriebsmethoden in gewisser Richtung hinarbeitet. Findet nun gleichzeitig eine Vermehrung der Bevölkerung statt oder erweitert sich sonst das Absatzgebiet für landwirtschaftliche Produkte, so tritt die Rentabilität der Düngung notwendig früher ein; denn hierdurch ist die Ausnutzung einer größeren Menge von Sonnenstrahlen erforderlich geworden.

Aus der bisherigen Betrachtung geht vorerst soviel hervor, daß Gesetze komplizierter Natur die Art der zu leistenden Düngung und deren Rentabilität beherrschen, Gesetze, gegen die man verstößt, wenn man dem Landwirt zu allen Zeiten den einfachen Wiederersatz des mit der Ernte hinweggenommenen Düngerkapitals als obersten Grundsatz empfiehlt. Einer jeden Größe des Markts entspricht offenbar eine gewisse Sättigung des Bodens mit Düngerkapital, bei welcher die Produktion am wohlfeilsten ist, und nach der ein jeder nach praktischen Grundsätzen geleitete Betrieb (wenn auch zuweilen auf Umwegen) hinstrebt.

Das hier dargestellte Verhältnis ist in der That nach vorgenommener Analyse so einfach, daß man bei irgend einem anderen technischen Betriebe die entwickelten Gesetzmäßigkeiten als selbstverständlich anzunehmen pflegt, und nur die Kompliziertheit der Vegetationsbedingungen, die in dem nationalökonomischen Produktionsfaktor „Grundstücke“ verschmolzen erscheinen, und die wirtschaftliche Unmöglichkeit, das in einem Boden enthaltene Düngerkapital demselben plötzlich zu entziehen und einem andern einzuverleiben, waren eine Zeit lang im stande, die Sachlage bis zur Unkenntlichkeit zu maskieren.

Es ist kaum notwendig hervorzuheben, daß mit der Demonstration, daß manche Arten von Raubbau eine notwendige Wirtschaftsform für große Zeitperioden darstellen, nicht behauptet werden soll, daß es nicht einen unwirtschaftlichen Raubbau auf Grund der Unkenntnis der Produktionsgesetze geben kann. Nun ist es zwar unmöglich, eine allgemeine Angabe darüber zu machen, in welchen Fällen rationeller Raubbau besteht, wo ein irrationeller. Es verdient jedoch hervorgehoben zu werden, daß kaum einzusehen ist, warum ein irrationeller Raubbau eine viel größere Rolle**)

---

*) In dieser Hinsicht sind die von W. Christiani und dessen Vater durch 45 Jahre fortgesetzten Düngungsversuche höchst lehrreich; sie zeigen, wie mit jedem Jahre des dauernden Raubbaus die Rentabilität der verwendeten Düngermassen eine größere wird. Vergl. Landw. Centralbl., 1872, I, p. 224 u. f.

**) Es giebt allerdings eine Ursache, welche es wahrscheinlicher macht, daß von seiten der Praktiker eher ein unwirtschaftlicher Raubbau getrieben wird als eine unwirtschaftliche Anhäufung von Düngerkapital; es ist dies die Sparsamkeit und Trägheit der Wirtschaftenden. Letztere vermag in diesem Sinne zu wirken, weil der Übergang von den extensiven Betriebsmethoden zu den intensiven nach der früher verfolgten kulturgeschichtlichen Entwickelung häu[illegible] [illegible]kehrte Übergang. Dies hat zur Folge, daß die Prediger des [illegible] [illegible]serem intensiv bewirtschafteten Mitteleuropa [illegible] Ausführungen im Texte glauben sollte.

unter den landwirtschaftlichen Fehlgriffen spielen soll, als irrationelle Intensivierung der Betriebsmethoden und unwirtschaftliche Anhäufung von Düngerkapital im Boden, da der Landwirt — mit oder ohne Probekulturen auf Versuchsfeldern — seinen Betrieb auch einer mehr oder weniger rohen Schätzung möglichst rentabel einrichten und so der Wahrscheinlichkeit nach ziemlich gleichmäßig in beiden Richtungen Fehlgriffe machen wird.

Was mir aber wichtig zu betonen erscheint, und was ich an sich schon als ein lohnendes Resultat der gemachten Betrachtungen ansehe, ist die Thatsache, daß der große Feldzug gegen den nachgewiesenermaßen an vielen Orten Europas stattfindenden Raubbau seiner Zeit mit Nichtberücksichtigung der hier erkannten Gesetzmäßigkeiten angestellt worden ist, daß alle jene gewiß sehr logischen Konsequenzen auf die Voraussetzung einer Konstanz des Ausraubungssystems begründet, also mit Unkenntnis der Gesetze, welche auf die Dauer die Unmöglichkeit einer solchen Konstanz beweisen, gezogen worden sind*). Während jene Konsequenzen nur für die Voraussetzung gelten, daß das Ausraubungssystem selbst bei ansteigender Bevölkerung unbekümmert fortbestehen bleibe, haben wir aufs deutlichste erkannt, daß das Betriebssystem in Bezug auf die Verwendung von Düngerkapital von zwei Momenten regiert wird, von der Fruchtbarkeit der Felder und der Ausdehnung des Produktenmarkts. Nur bei Konstanz dieser beiden Größen konnte die Betriebsintensität dieselbe bleiben. Diese einzige Bedingung, unter welcher ein System fortbestehen kann, wird nun aber offenbar durch das System der Ausraubung selbst zerstört. Infolge der Ausraubung werden die Felder stetig unfruchtbarer und daher dankbarer für die Einverleibung von Düngerkapital.

Wir haben es also mit einem scheinbaren Übel zu thun, das seine Heilung in sich selbst trägt.

Aber jetzt bei der rückläufigen Preisbewegung, die vom Jahre 1879 anhebt, sind die Chancen nahezu gleich, und mir viele Beispiele in der entgegengesetzten Richtung bekannt.

*) Hierin liegt also der Beweis der Unhaltbarkeit der bekannten Liebigschen Forderung, die als der Angelpunkt seiner ganzen Lehre vom Raubbau angesehen werden darf, daß eine rationelle Düngung stets die durch die Ernte hinweggenommenen Mineralbestandteile wiederersetzen müsse (J. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anw. u. s. w., 1862, Einl., p. 151, T. II, p. 253). — Von Schriften, welche bei der Bekämpfung der Liebigschen Aufstellung auf diesen Kernpunkt der Frage eingegangen sind, ist zu erwähnen: J. Konrad: Liebigs Ansichten von der Bodenerschöpfung u. s. w., Jena 1864.

Sechzehnte Vorlesung.

Die Düngung vom wirtschaftlichen Standpunkte aus (Schluß). — Prüfung des Raubbaues auf seine Gefährlichkeit. — Ziele der agrikulturchemischen Forschung in Bezug auf die Düngerlehre. — Ableitung von brauchbaren Düngungsregeln. — Schluß.

Die Anwendung sehr einfacher wirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten auf den Pflanzenbau und speziell auf die Düngung hat uns in der letzten Vorlesung zu einem bestimmten Resultate geführt. Wir sind durch unsere angestellten Betrachtungen zu der Einsicht gelangt, daß es nicht unter allen Umständen das wirtschaftlich Richtige sein kann, genau das dem Boden zu ersetzen, was man durch die Entnahme der Ernte demselben entzogen hat, auch nicht speziell in Bezug auf die Aschenbestandteile. Wir haben vielmehr erkannt, daß die *Sättigung des Bodens mit Düngerkapital in einer innigen Beziehung stehen muß zu der Größe des Markts für landwirtschaftliche Produkte, daß es von dem Bedarf nach diesen abhängen muß, ob eine Verminderung, eine Vermehrung jenes Kapitals, ob ein Gleichbleiben desselben eintreten muß,* daß jede stetige Verminderung des Düngerkapitals bei gleichbleibendem Bedarf zu einer Grenze führen muß, wo eine weitere Verminderung unwirtschaftlich wird, und daß die Grenze bei ansteigender Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten um so eher erreicht wird; — daß ebenso jede stetige Vermehrung des Düngerkapitals bei gleichbleibendem Bedarf zu einer Grenze führen muß, wo eine weitere Vermehrung unwirtschaftlich wird, daß diese Grenze um so eher erreicht wird, wenn der Bedarf abnimmt, um so später, wenn dieser gleichzeitig zunimmt. — Nur bei völliger Konstanz des Bedarfs würde schließlich für eine jede Bewirtschaftung der Punkt eintreten, wo der möglichst genaue Ersatz des Entnommenen und sonst (durch Ausspülung) Verschwindenden das einzig wirtschaftlich Richtige ist.

Dieses Resultat, zu welchem uns die angestellten Betrachtungen geführt haben, erlaubt nun wichtige Schlußfolgerungen in mehrfacher Hinsicht. Einmal ist uns durch dasselbe in unverkennbar deutlicher Weise der Weg vorgezeichnet, den wir hinsichtlich unserer Düngungsmethoden zu gehen haben; andererseits giebt es uns Aufschluß über die kulturgeschichtliche Entwickelung dieser Methoden und beruhigt uns über die Folgen einseitiger Düngungsmethoden ganzer historischen Epochen, während uns jene Folgen bei Nichtbeachtung der besprochenen Gesetzmäßigkeiten unfehlbar als verderbliche erschreckt haben würden.

Es ist zunächst in Bezug auf den ersteren Punkt zu wiederholen, daß in der großen Mannig[illegible]t der möglichen oder existierenden Fälle der einfache Wieder-

ersatz des Entnommenen oder zu Entnehmenden nicht schlechthin das wirtschaftlich Richtige sein kann, daß es in keiner Weise angeht, ein Düngesystem, welches für alle oder auch nur eine große Anzahl von Verhältnissen ein rentables ist, auf das Prinzip zu gründen, daß in der gegebenen Düngung dieselbe Menge Phosphorsäure, Kali u. s. f. enthalten sein müsse, als davon in der entsprechenden Anzahl von Ernten weggenommen wurde oder weggenommen werden soll. Bei der weiteren Ausführung dieses Gegenstandes haben wir es nur noch mit der Beibringung weiterer Belege dafür zu thun, daß die Ersatzmethode in vielen Fällen zu wirtschaftlichen Ungeheuerlichkeiten führt, während uns dann nachher die eingehendere Behandlung der möglichen Folgen des Versäumens der Ersatzleistung von der Ungefährlichkeit des sogenannten Raubbaus überzeugen wird. Es ist von einiger Wichtigkeit, beides auseinanderzuhalten, da auch trotz der üblen Folgen, die von der Unterlassung des Ersatzes erwartet werden kann, der Nachweis der Unrentabilität für die Zwecke der Privatwirtschaft genügt, und in diesem Falle es lediglich Staatssache wäre, durch eine geeignete „Düngerpolitik" den befürchteten Mißständen vorzubeugen. Die Vermengung beider Dinge hat bei einigen zu den unbilligsten Anforderungen an die einzelnen Wirtschaftenden geführt.

Daß eine Düngung, welche in möglichst günstiger Form nach dem Prinzip des Wiederersatzes gegeben wird, eine höchst unrentable Operation sein kann, ergiebt sich in äußerst leichtverständlicher Weise, ebenso wie aus den Darlegungen der letzten Vorlesung, auch aus folgender einfachen Betrachtung.

Wir wissen, daß niemals eine Düngung eine Rente zu geben vermag, wenn sie nicht im stande ist, einen Mehrertrag zu bewirken; aber nicht jeder bewirkte Mehrertrag entspricht einer Rente. Zu untersuchen, wann eine Düngung eine rentable ist, heißt untersuchen, erstens, *unter welchen Umständen sie einen Mehrertrag bewirkt,* zweitens, *unter welchen Umständen dieser ein rentabler ist.* — Die erste Frage ist rein naturwissenschaftlicher, die zweite rein wirtschaftlicher Natur.

Aus dem in der letzten Vorlesung noch einmal in seiner vollen Bedeutung dargelegten Gesetze des Minimums folgt unwiderleglich, daß die einseitige Zufuhr von Düngestoffen nur dann einen Mehrertrag bewirken kann, wenn die schon im Boden vorhandenen Mengen von Düngestoffen im Minimum gegen die andern Produktionsfaktoren der Pflanzenwelt, welche der Landwirt nicht willkürlich in gleicher Weise zu vermehren vermag, vorhanden sind. Jener äußerste Fall, in welchem eine Düngung (natürlich stets unter der Voraussetzung der zweckmäßigen Form dieser Düngung) nicht mehr den geringsten Mehrertrag einer ungedüngten Parzelle gegenüber zu liefern vermag, findet sich nun allerdings in den thatsächlichen Verhältnissen der praktischen Landwirtschaft selten realisiert. Es ist jedoch bekannt, daß es Länder und Ländereien giebt, wo selbst der kostenlos zu Gebote stehende natürliche Dünger keinen Mehrertrag zu geben vermag, vom Landwirt verschmäht und in die Flüsse*) geworfen wird, wenn wir auch wissen, daß dieser für unsere Begriffe so fremdartig erscheinende Betrieb nur eine gewisse Zeit lang fortbestehen kann. Daß unter solchen

*) Ich erinnere an die noch jetzt bestehenden Betriebsmethoden Südrußlands, Ungarns, Kaliforniens, vieler tropischen Länder u. s. w. Aber auch bei der Bewirtschaftung frisch eingedeichter Polder sehen wir ähnliches.

Verhältnissen, wo also einer Düngung kein Mehrertrag entspricht, von der Rentabilität einer solchen nicht die Rede sein kann, ist selbstverständlich.

Aber auch für die gewöhnlichen Verhältnisse, für Bodenarten von relativ geringerem Gehalt an Düngebestandteilen gelten dieselben Gesetze, und der Landwirt erkennt sie in seiner Praxis unbewußt völlig an. Dieser letztere weiß sehr wohl, daß eine und dieselbe Düngermenge einen weit geringeren Mehrertrag erzeugen würde, wenn er dieselbe stets auf ein einziges Feld aufbringen, die übrigen Felder ungedüngt lassen wollte*), und erkennt also durch diese seine Praxis, die vorhandene Düngermasse mehr oder weniger gleichmäßig auf sein ganzes Areal zu verteilen, diesen Satz vollständig an.

Es folgt natürlich aus dieser Betrachtung, daß eine und dieselbe Menge von Düngestoffen (bei Anbau einer und derselben Frucht unter absoluter Gleichheit der Witterungsverhältnisse und des Klimas) sehr ungleiche Produktionen von Pflanzensubstanz veranlaßt, daß die Höhe dieser Produktion abhängig ist von dem Düngungsstand des Feldes, von der Menge der Pflanzennährstoffe, die schon in der Ackerkrume für den Pflanzenbau zur Verfügung standen, daß diese Produktion von einer gewissen Stufe an um so geringer sein wird, je reicher der Acker schon mit Düngestoffen versehen ist.

Wir ersehen also, ohne noch auf den Preis des Mehrertrags Rücksicht zu nehmen, daß eine Düngung, mag sie auch von dem Gesichtspunkt des Wiederersatzes aus vorgenommen sein, dennoch unter gewissen Umständen überhaupt keinen Mehrertrag zu liefern vermag und dann natürlich eine höchst unrentable Operation ist, oder daß eine solche doch bei verschiedenem Düngungsstande des Ackers sehr verschiedene Mehrerträge liefern muß, woraus einfach folgt, daß der Wiederersatz an sich nicht die Rentabilität der Düngung bedingt, daß derselbe vom Standpunkt der Rentabilität aus vielmehr in vielen Fällen eine unzweckmäßige Handlung sein muß, und daß in diesen Fällen vom Landwirte geradezu Opfer gefordert werden, wenn man ihm die Düngung nach dem Prinzip des Wiederersatzes zumutet.

Es bleibt nun weiter zu untersuchen, unter welchen Umständen die durch eine Düngung erzielten Mehrerträge rentable sein können. Wir werden die Frage selbstverständlich dahin zu beantworten haben, daß in diesem Falle der Preis der durch die Düngung eine Reihe von Jahren hindurch bewirkten Mehrerträge den Preis der Düngungskosten um so viel übersteigen muß, als ein angemessener Zins und Zinseszins dieses letzteren Kapitals für so viel Jahre, als der Dünger zu seiner Wirksamkeit bedurfte, beträgt. Bei Berücksichtigung dieser Verhältnisse wird die Sachlage wesentlich komplizierter. Es sei nochmals hervorgehoben, daß die Rentabilität einer Düngung bedingt ist von dem Preis der landwirtschaftlichen Produkte, also von der Höhe der Bevölkerung und der Beschränkung des Produktenmarktes; zweitens von dem landesüblichen Zinsfuß und drittens von dem Düngerpreis, also soweit es

*) Vergl. über diesen Punkt meinen Aufsatz: Düngungsversuche auf unfruchtb. Heidesandboden: Journ. f. Landw., 1882, p. 138 u. bes. 144. Daß man in scheinbarer Abweichung von diesem Prinzip neben dem Kulturlande in unfruchtbaren Gegenden Wüstland unbebaut läßt, ja diesem noch Düngestoff (in der Form der Plaggenwirtschaft) entzieht, erklärt sich aus der Ersparnis an Arbeit, wenn man eine kleinere Fläche bebaut, die noch sehr weit von der Grenze des maximalen Ertrages entfernt ist.

sich z. B. um künstliche Dünger handelt, von ganz außerhalb der landwirtschaftlichen Verhältnisse liegenden Produktions- und Transportkosten. *Ein und derselbe Mehrertrag* wird sehr verschieden rentabel sein können, je nachdem diese Verhältnisse verschiedene sind; er wird sich um so mehr bezahlt machen, je größer die Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten, je niedriger andererseits der Zinsfuß, die Produktionskosten des verwendeten Düngers und dessen Transportkosten sind.

Wir sehen, daß mit Berücksichtigung dieser wirtschaftlichen Verhältnisse mit um so größerer Gewißheit der Satz ausgesprochen werden muß, daß die Rentabilität einer Düngung nicht abhängig sein kann von irgend einer naturwissenschaftlichen Forderung, sei es auch die Forderung des Wiederersatzes. Wir wissen, daß eine beliebige Düngung bei ungleichem Reichtum des Bodens, aber bei Gleichheit aller übrigen Bedingungen ungleiche Mehrerträge bewirken muß, daß aber selbst gleiche Mehrerträge, hervorgebracht durch gleiche Düngungen, bei Ungleichheit der wirtschaftlichen Verhältnisse *rentabel oder unrentabel sein können**).

---

*) Die Lehre vom notwendigen Wiederersatz wurde später auch in etwas abweichender Weise vorgetragen, indem man nicht den Ersatz des Entnommenen, sondern des voraussichtlich durch die kommende Ernte zu Entnehmenden vorschrieb. Diese Methode liefert naturgemäß Resultate, die in ihrer praktischen Anwendung weniger grell die Unzulässigkeit jenes Postulats demonstrieren, im speziellen Falle sogar, namentlich für unsere landwirtschaftlichen Verhältnisse sehr rentabel sein können. Dieser Modus ist von Drechsler vertreten worden, der in seiner Schrift (Drechsler: Die Statik des Landbaues u. s. w., Göttingen 1869; vergl. auch Preuß. Annal d. Landw., 1869, Wbl. Nr. 26, p. 244) zwar über die alte landwirtschaftliche Statik (welche die Wiederherstellung der Fruchtbarkeit eines Feldes auf den vor einer gewissen Anzahl von Ernten innegehabten Stand verlangt) das Todesurteil aussprach, aber doch dieses Postulat nur in der Weise modifizierte, daß er die Felder so gedüngt wissen wollte, daß sie im voraus das enthalten, was eine Ernte oder eine Reihe von Ernten voraussichtlich wegnehmen wird. Diese Art und Weise der Düngung mochte nun allerdings insofern ein Fortschritt sein, als sie das spezielle Nährstoffbedürfnis der einzelnen Feldfrüchte berücksichtigt, auf welches nach der alten Methode nur durch die Anordnung des Fruchtwechsels Rücksicht genommen wurde; aber auch in diesem Modus waren die eben entwickelten Gesetzmäßigkeiten von der Regulierung der Größe des zur Produktion dienenden Düngerkapitals durch äußere wirtschaftliche Verhältnisse noch nicht anerkannt. — Die landwirtschaftliche Statik hatte sich ursprünglich die Aufgabe gestellt, die Erschöpfung des Bodenreichtums durch die Ernteentnahme und die Wiederherstellung dieses Bodenreichtums durch Düngerzufuhr, Brache und sogenannte bereichernde Gewächse zu ermitteln und in Zahlen auszudrücken, aber immer von der Voraussetzung ausgehend, daß eben die Herstellung des ursprünglichen Bodenreichtums nach einer gewissen Rotation unter allen Umständen die Aufgabe des rationellen Landwirts sei. Die Statiker der älteren Schule (Thaer, Wulffen, Hlubek, Thünen, Kleemann) suchten diese Zahlen auf empirischem Wege zu ermitteln, scheiterten aber naturgemäß an dem Umstand, daß ihre Werte Aggregate sehr verschiedener Fruchtbarkeitsbedingungen, die sich gegenseitig nicht vertreten konnten, darstellten, so daß die mühsam gewonnenen Resultate nur in einzelnen Fällen (vergl. Drechslers Beurteilung der von Kleemann ermittelten Zahlen a. a. O., p. 94; vergl. auch 13. Vorlesung, p. 194) passen konnten. Man mußte unter diesen Umständen bei Berechnung der notwendigen Düngungen auf dieselben Unzulässigkeiten stoßen, zu denen man auf einem ähnlichen Wege bei Berechnung von Futterrationen nach Heuwerten gelangt war. — Nachdem es jedoch später möglich wurde, die Zahlen, die in der Statik

Neben der Widerlegung der Ersatzlehre hatten wir uns eingangs dieser Vorlesung vorgenommen zu reden über die etwaigen schädlichen Folgen einseitig im Privatinteresse des Wirtschaftenden vorgenommener Düngungen und speziell des Raubbaus. Wir haben wohl schon in der vorausgehenden Vorlesung gesehen, daß nur der kurzsichtige Mensch, der sein Dasein nach einigen Jahrzehnten bemißt, geneigt ist, Konsequenzen aus der Beibehaltung der gerade herrschenden Methode zu ziehen, welche deshalb nicht zutreffen, weil die wirtschaftlichen Gesetze fort und fort thätig sind, diese Methoden (und je einseitiger sie sind, um so schneller) abzuändern.

Was schon für die Ungefährlichkeit des Raubbaues gefolgert wurde, scheint indessen durch einen Punkt, der damals, um die Frage nicht zu verwirren, außer acht gelassen wurde, in seiner Gültigkeit wesentlich beeinträchtigt zu werden, nämlich *durch die Beschränktheit des Düngermarkts.*

Die Beschränktheit des Düngermarkts, soweit sie ihren Grund zunächst darin hat, daß wir wirtschaftlich unfähig sind, einen größeren Teil des in einem Grundstück enthaltenen Düngerkapitals, als den in der Ernte enthaltenen, gerade umlaufenden Anteil desselben, wie dies ja für viele anderen Betriebskapitalien doch möglich ist, zu veräußern, da die Gewinnungsmethoden um das Vielfache teurer als die gewonnenen Düngestoffe selbst sein würden, scheint unsere Schlußfolgerungen allerdings nicht zu berühren; denn dieser Umstand verhindert nicht den allmählichen Übergang des Düngerkapitals in Ländereien, für die eine größere Intensität des Anbaus am Platze ist. Es geschieht dies z. B. schon durch Transport von Nahrungsmitteln und Futtermitteln (wie Ölkuchen und dergl.) aus extensiv bebauten Gegenden in intensiv bebaute, wo dann die resultierenden Düngestoffe den letzteren Gegenden verbleiben.

Es tritt aber hierzu eine andere Beschränktheit des Düngermarkts von scheinbar ernstlicheren Folgen. Ich meine *das gänzliche Verschwinden vom Markte eines großen Teils des in extensiven Perioden von den Ländereien weggenommenen Düngerkapitals,* was dadurch eintritt, daß man menschliche (und in sehr extensiven Perioden auch tierische) Exkremente dem Meere zuleitete, aus welchem das Düngerkapital nicht ohne weiteres wieder gewonnen werden kann.

Man hat von seiten der Anhänger der Ersatzlehre*) mit Recht auf diesen Umstand aufmerksam gemacht, und derselbe verdient in der That eine ernsthafte Erwägung. — Wenn in den betreffenden Betriebsperioden jene Düngestoffe den bezeichneten Weg gegangen sind, so geschah dies, weil die Kosten der Ansammlung, des Transports und des Aufbringens auf den Acker sich höher stellten als der Preis

---

fungierten, in ihre einfachen Komponenten aufzulösen, wie dies von Birnbaum (Lehrb. d. Landw., Frankfurt a. M. 1863, T. III, Betriebsl. p. 137), Schumacher (Erschöpfung und Ersatz bei dem Ackerbaue; Versuch einer Statik des Ackerbaues, Berlin 1866) und Heiden (Statik des Landbaus) versucht wurde, war eine Berechnung des Wiederersatzes, soweit brauchbare Analysen vorlagen, thatsächlich möglich; aber nun ergab sich, daß die Anwendung eines statischen Gesetzes in der Praxis zu einer manchmal sehr unrentablen Wirtschaft führte — eine Thatsache, die vorher bei der mehr oder weniger willkürlichen Wahl der statischen Zahlen verborgen bleiben konnte.

*) v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anw. u. s. w., 1862; Einl. i. d. Naturges. u. s. w.

der erzielten Mehrerträge. Es ist nun natürlich fehlerhaft*), ohne weiteres stillschweigend anzunehmen, daß jene Düngestoffe immer wieder zu demselben Preis zu haben sein werden, zu welchem sie zu kaufen man damals verschmähte. Sind dieselben überhaupt nicht mehr wieder zu erwerben, so ist der späteren Intensität des Betriebs eine engere Grenze gesetzt, als dies sonst der Fall wäre, und der Vorwurf, daß der Raubbau auf Kosten unserer Nachkommen geschehe, erschiene völlig gerechtfertigt.

Es kann ja keiner Frage unterworfen sein, daß bei stets ansteigender Bevölkerung Zeiten kommen werden, wo heftige Nachfrage nach mehr Düngerkapital, als dem Boden erhalten blieb, stattfinden wird. Wenn nun die Düngestoffe in einer solchen Periode nicht oder nur mit unsinnigem Kapitalaufwand zu haben sind, indem sie sich an einem Orte befinden, aus dem ein Wiedergewinn unausführbar erscheint, so tritt unfehlbar eine Verteuerung der Lebensmittel ein, die das Unglück späterer Generationen sein wird, eine Verteuerung, die bei Sparsamkeit mit jenen Stoffen offenbar zu vermeiden gewesen wäre.

Von jener Seite aber, von der auf Grund solcher Erwägungen die Pflicht des gewissenhaften Wiederersatzes, der Erhaltung der Bodenkraft, auf das leidenschaftlichste behauptet wird, ignorierte man auch hier wieder die wirtschaftliche Seite der Frage. Man nahm ohne weitere Debatte an, *daß die Erhaltung des Düngerkapitals* auf unsern Feldern durch Leistung eines vollständigen Wiederersatzes *nichts koste*, während man die Reproduktion des verschleuderten Düngerkapitals in Zeiten der Not zu den wirtschaftlichen Unmöglichkeiten rechnete. — Ich glaube nun nicht, daß wir im stande sind, die Kosten der beiden Verfahren auch nur annähernd gegeneinander abzuwägen. Hierzu gehören neben andern Dingen genaue Erfahrungen über die mögliche Ausdehnung der Fischguanofabrikation und der Benutzung anderer dem Weltmeere entstammenden Düngestoffe. Dagegen gelingt es mit Berücksichtigung eines bei der bisherigen Behandlung dieser Frage gänzlich vernachlässigten wirtschaftlichen Gesetzes ein bestimmtes und entscheidendes Urteil abzugeben.

Wenn ein Landwirt, welcher der Natur der von ihm erzielten Produkte nach zu der Ausfuhr eines Teils seines Düngerkapitals gezwungen ist, und für den es privatwirtschaftlich ein Mißgriff ist, das ausgeführte Düngerkapital in irgend welcher Form wieder zu kaufen, sich dennoch entschließt, jenen Wiederersatz zu leisten, so bringt er damit *ein gewisses jährliches Opfer*. Diese Thatsache ist für die gemachte Voraussetzung natürlich unanfechtbar.

Es ist also nicht schwer einzusehen, daß die Erhaltung des Düngerkapitals für einen Acker oder ein ganzes Land, für welches die natürliche Tendenz der Fortwanderung dieses Kapitals besteht, nicht kostenlos geschehen kann, daß Vorkehrungen, die jene Erhaltung bezwecken, notwendig zur Folge haben, daß mit verhältnismäßig größerem Aufwand verhältnismäßig weniger produziert wird, d. h. also teurer produziert wird, daß jene also mit Verteuerung der Lebensmittel, mit ähnlichen Übel-

*) Dieser Einwurf ließe sich denjenigen Gegnern der Liebigschen Folgerungen machen, welche wie E. Wolff und v. Babo (vergl. Jahresber. f. Agrik.-Chem., 1858—59, p. 236) hauptsächlich betonten, daß ausgeraubte Felder durch Düngung wieder fruchtbar gemacht werden können.

ständen für die Gegenwart verbunden sein würde, wie man sie für die Zukunft eben durch diese Maßregeln verhüten wollte. Offenbar kann also nur die gewisse Voraussicht, daß die für die Zukunft zu vermeidenden Kalamitäten schlimmerer Natur sein würden als die freiwillig von der gerade lebenden Generation zu übernehmenden, diese vernünftigerweise dazu vermögen, das geforderte Opfer zu tragen.

Bei der Beurteilung, ob ein Kapitalaufwand in einer gewissen Zeit überwogen wird von den dadurch bewirkten Ersparnissen in einer ganz anderen, vielleicht sehr ferne liegenden Zeit, ist jedoch vor allem etwas zu berücksichtigen, was bisher ganz außer acht gelassen worden ist. Ich meine die den Kapitalien innewohnende Fähigkeit, bei produktiver Verwendung neue Kapitalien zu erzeugen, oder schärfer, Arbeit zu ersparen — ein Gesetz, dessen Wirksamkeit bekanntlich an dem Gebrauch, Zinsen für ein geliehenes Kapital zu zahlen, zu erkennen ist.

Aus diesem Gesetze ergiebt sich, wie jedermann weiß, die Thatsache, daß das Opfer eines gewissen Kapitals in einer früheren Zeit nicht ausgeglichen wird durch den Gewinn eines gleichen Kapitals in einer späteren Zukunft, sondern das geopferte Kapital muß mit Zins und Zinseszins durch den späteren Gewinn wiedererhalten werden*). Handelt es sich um große Zeitintervalle, Hunderte und gar Tausende von Jahren, so wird der Unterschied, der zwischen beiden Kapitalien bestehen muß, damit nicht das Opfer des ursprünglichen Kapitals eine verfehlte Spekulation war, sehr groß sein. Auch bei einem ziemlich niedrigen Zinsfuß wird nach 100 Jahren das 50fache, nach 1000 Jahren etwa das 107000-Billionenfache des ursprünglichen Opfers erspart werden müssen, um das Darbringen desselben nicht als einen wirtschaftlichen Fehlgriff erscheinen zu lassen.

Diese Gesetzmäßigkeiten müssen nun selbstredend zu Rate gezogen werden, wenn wir ein Kapitalopfer zu irgend einer Zeit mit der durch dasselbe in einer späten Zukunft bewirkten Ersparnis vergleichen. Es kann also in Anwendung auf den vorliegenden Fall gesagt werden: das Kapital, welches durch die möglichst wohlfeile Produktion gegenüber der Produktion bei völligem Wiederersatz gespart werden kann, ist im stande, durch die natürliche Produktivkraft der Kapitalien in späterer Zeit eine ungeheuer viel größere Wirkung hervorzubringen. Man wird sich zu einer Verwendung dieses Kapitals nur dann entschließen können, wenn man die sichere Voraussicht hat, daß die einstige Ersparnis in einem solch ungeheuerlichen Verhältnis zu dem verwendeten Kapitale steht.

Aus diesen Erwägungen geht unzweifelhaft hervor, daß, wenn nicht nachgewiesenermaßen der Wiedergewinn des dem Meere einverleibten Düngerkapitals**) (zu dem uns in großem Maßstabe erst sehr ferne Zeiten zwingen würden) in eben dem oder einem höhern Kapitalopfer besteht, als die Kapitalien, die durch möglichst rentable Kulturen diese ganze Zeit über erspart werden können, samt Zins und Zinseszins für das ganze Zeitintervall betragen, es ein wirtschaftlicher Fehlgriff ist, jene humane

*) Dabei ist noch zu berücksichtigen, daß die Produktivkraft von Kapitalien auf wirtschaftlich niederen Stufen des Kulturlebens eine relativ sehr hohe ist, und daß der Zinsfuß jene nur insofern anzeigt, als die Höhe desselben eine von der natürlichen Produktivkraft eingeschlossene Größe ist.

**) Eine Schätzung des jährlich durch Großbritannien verloren gegebenen Stickstoffkapitals durch Crooker: Maandbl. Oudleerl., 1900, p. 207.

Sorge für spätere Geschlechter in der empfohlenen Weise ins Werk zu setzen; und diese Schlußfolgerung bleibt richtig auch bei weiterem starken Fallen des natürlichen Zinsfußes, wie wir dasselbe in den folgenden Jahrhunderten voraussichtlich zu erwarten haben.

Ich glaube, daß niemand bei den in vielen Fällen außerordentlich großen Zeiträumen, um die es sich hier handelt, und bei der jetzt schon möglichen und nachgewiesenermaßen häufig rentablen Anwendung von Fischguano die Befürchtung aufrecht erhalten wird, daß der Wiedergewinn des verlorenen Düngerkapitals so ganz unfaßlich schwierig sein wird. Dies zugegeben, werden die Nationen in weit vorteilhafterer Weise für die späteren Generationen Sorge tragen, wenn die möglichen Ersparnisse auf irgend eine Art als Produktivkapitalien angelegt werden, daß sie durch reiche und stete Produktion das Nationalvermögen vergrößern, in welcher Weise ausgestattet eine Nation am sichersten dem Sturme schlimmer Zeiten entgegengehen wird*).

Hierbei wurden nun die äußersten möglicherweise eintretenden Eventualitäten berücksichtigt und für diese gezeigt, einen welch hohen Einsatz man mit dem Postulat des völligen Wiederersatzes der Düngerbestandteile für einen wie kleinen und mit geringer Wahrscheinlichkeit eintreffenden Gewinn verlangt. Hierbei wurde aber noch gar nicht berücksichtigt, daß die Voraussetzungen, für die wir den Erweis der Unwirtschaftlichkeit des Wiederersatzes beigebracht haben, nach menschlicher Einsicht wohl niemals zutreffen möchten. Es wurde stillschweigend die Voraussetzung gemacht, daß die ganze, jetzt noch für beinahe jede herrschende Betriebsmethode hinreichend mit Düngerkapital versehene Erdoberfläche keine Ausfuhr an Düngestoffen mehr vertrüge, daß ferner ein Teil derselben dringend der Zufuhr an solchen bedürfe; denn sonst könnte offenbar ein kostenloser Transport des Düngerkapitals (z. B. in Form von Nahrungsmitteln) von dem extensiver bewirtschafteten Ort nach dem intensiver bewirtschafteten stattfinden. Man bedenke den Grad der Bevölkerung, den diese Voraussetzung einschließt. Man bedenke die Größe der festen Erdoberfläche und die Kleinheit desjenigen Teils, der einem beträchtlichen Raubbau unterworfen ist. —

Wir sind jedoch hiermit noch nicht zu Ende; wir müssen noch näher auf die Stoffe eingehen, die durch den sogenannten Raubbau eine gefährliche Verminderung erleiden können. Es sind dies für die meisten Bodenarten bekanntlich der gebundene Stickstoff, das Kali und die Phosphorsäure. Für alle übrigen kann an ernstliche Schwierigkeiten infolge der Ausraubung gar nicht gedacht werden.

---

*) Auch die häufig und besonders von Liebig betonte Behauptung, daß ausgeraubte Ländereien auch durch reichliche Düngung nicht wieder rasch tragend gemacht werden könnten, wird keineswegs von der Praxis allgemeiner bestätigt. Vergl. in dieser Beziehung die interessanten Versuchsresultate von W. Christiani und dessen Vater: Landw. Centralbl., 1872, I, p. 224, besonders 330; ferner Varrentrapp: Fühlings landw. Zeit., 1873, p. 918. Wohl kann ein steifer Thonboden durch das Fehlen der Düngung auch physikalisch so sehr verschlechtert werden, daß später außer der direkten Düngung auch noch Meliorationen gemacht werden müssen. Allein dies ist bis jetzt der einzige hierhergehörige Fall.

Der gebundene *Stickstoff* ist einer Vermehrung durch die Natur und die Kunst fähig, und es ist kein Zweifel, daß wir durch geeignete Kulturmethoden (Anbau von Lupinen, Kleearten und anderen stickstoffsammelnden Leguminosen) im stande sind, ohne Zukauf von Düngemitteln unsere Ackererde an diesem Stoffe zu bereichern*). Der Stickstoff kann daher bei unserer Betrachtung vernachlässigt werden, und für denselben ist auch eine gefahrdrohende Verminderung durch Raubbau nicht behauptet worden.

Für das *Kali* brauchen wir noch viel weniger Befürchtung zu hegen. Der Raubbau in Bezug auf diesen Nährstoff ist verhältnismäßig gering, da die Aschenbestandteile mancher kalireichen Kulturgewächse (Zuckerrüben, Futtergewächse) oft wieder in den Boden zurückgelangen. Außerdem ist der Kalireichtum vieler (namentlich Verwitterungs-) Böden so bedeutend, daß selbst da, wo starke Kaliausfuhr besteht, dennoch eine Düngung mit den so billigen Staßfurter Salzen nicht immer, zumal in größeren Entfernungen von Staßfurt, rentabel ist. Da wir nun einen großen Reichtum auf der Erdoberfläche an Kali in Form von Salzlagern und einen noch größeren in der Form von Felsarten besitzen, so ist für diesen Stoff nicht die allergeringste Begründung zu der Befürchtung vorhanden, daß einst durch die Verschleppung eines Teils derselben ins Weltmeer ernstliche Mißstände für die Zukunft zu erwarten seien.

Am gefährlichsten erscheint die Raubwirtschaft für die *Phosphorsäure*, und wenn man die schlimmen Folgen dieser Wirtschaft ins rechte Licht setzen wollte, so bezogen sich die Betrachtungen stets vorzugsweise auf diesen Pflanzennährstoff**), und Liebig ließ, um seine Schilderung recht eindringlich zu machen, z. B. das Maß des deutschen Soldaten ab-, das des englischen zunehmen, weil — so lange Jahre durch Knochenmehl aus Deutschland nach England ausgeführt worden war, während in Wahrheit etwaige Herabsetzung dieses Maßes doch eher dem größeren Bedarf an Soldaten in dem ersteren Lande zugeschrieben werden muß. Phosphorsäure tritt freilich in ziemlich hohen Verhältnissen als notwendige Bedingung des Pflanzenwachstums auf; sie ist, wenn auch überall, doch nur sehr sparsam in der Ackerkrume vorhanden. Für sie muß der Raubbau also zunächst fühlbar werden. Die so allgemeine Rentabilität der Superphosphat- und ähnlich zusammengesetzter Düngungen für unsere Verhältnisse beweist, daß in Bezug auf Phosphorsäure wir in dem kultiviertesten Teile von Europa auf dem Punkte angekommen sind, wo der strenge Wiederersatz — noch öfter eine Bereicherung — dringend geboten erscheint. Aber auch für diesen Stoff sind viel reichhaltigere Quellen, als man anfangs vermuten konnte, für den Ackerbau erschlossen worden, so daß trotz dem drohenden Versiegen der Quellen für Peruguano der Handelspreis der Phosphorsäure gefallen ist. Gerade daß man zu Mineralphosphatdüngungen schreitet, noch ehe man den phosphorsäurereichen Menschendünger vollständig verwertet, dies beweist, wie leicht jene Quellen nutzbar gemacht werden können. Auch für diesen Stoff wird eine neue Bereicherung der Ackererde noch möglich sein, wenn einst die Verhältnisse mehr als den bloßen

*) Vergl. die 13. und 14. Vorlesung des ersten Bandes dieses Werkes.

**) Vergl. v. Liebig: Die Chemie in ihrer Anwendung u. s. w., 1862, Einltg., p. 117, p. 130 u. T. II, p. 287.

Wiederersatz erheischen. Eine allgemein sich vergrößernde Nachfrage nach landwirtschaftlichen Produkten würde zunächst ein vollkommeneres Aufsammlungssystem unserer menschlichen Auswurfsstoffe nach sich ziehen, dann uns lehren, die phosphorreichen Produkte des Meeres in höherem Maße für die Landwirtschaft zu verwenden, wenn auch alle übrigen phosphorreichen Materialien verbraucht sein sollten.

So sehen wir das einst so fürchterliche Gespenst des Raubbaus*) in sein Nichts zusammensinken, wenn wir nur wagen, ihm fest ins Angesicht zu blicken. Jene Konsequenzen sind gezogen worden ohne Kenntnis der wirtschaftlichen Gesetze der landwirtschaftlichen Produktion, mit Übertreibung der thatsächlichen Verhältnisse und unter Voraussetzungen, die in Wirklichkeit nicht statthaben oder nicht dauernd statthaben können.

Das erlangte Resultat befähigt uns aber noch zu einigen weiteren Folgerungen in Bezug auf wichtige Tagesfragen, die, obwohl sie sich bei konsequenter Anwendung der geltend gemachten Prinzipien ganz von selbst ergeben, einer besonderen Betonung immerhin wert erscheinen. So hat man früher z. B. vielfach die Gelegenheit wahrgenommen, wegen der unvollständigen Ausnutzung menschlicher Düngestoffe viele unserer städtischen Latrinensysteme als verderblich zu bezeichnen und uns eine Düngerwirtschaft nach chinesischem und japanischem Muster anzuempfehlen. Bei Ventilation der Fragen, ob Kanalisation oder Abfuhr für diese oder jene Stadt einzuführen sei, wurde vor allem neben Gesundheitsrücksichten stets die landwirtschaftliche Seite der Frage in den Vordergrund gestellt und ängstlich darauf Rücksicht genommen, ob bei dem einzuführenden Systeme Stoffe für die Landwirtschaft verloren gehen oder nicht**).

---

*) Diejenigen Länder, in welchen früher eine intensive Kultur geherrscht hat, und welche wir nun zu erstaunlicher Unfruchtbarkeit verdammt sehen, sind dies (nachweislich oder wahrscheinlich) nur, weil eine andere Vegetationsbedingung, das Wasser, aus denselben (infolge des Verfalls von Wasserleitungen und des unvorsichtigen Niederschlagens der Wälder) verschwunden ist; vergl. Conrad: Liebigs Ans. v. d. Bodenerschöpfung u. s. w., 1864. Ganz frei von jeder Furcht hat sich auch erhalten J. M. von Bemmelen (siehe dessen Roofbouw in Nederland: Volksvlijt, 1864, Januarheft), dessen Schrift leider aber außerhalb Holland wenig bekannt geworden zu sein scheint.

**) Vergl. z. B. Heiden: Lehrbuch der Düngerlehre, T. II, p. 193 u. 197. — Auch in Lehmann hatte dieser einseitige Standpunkt einen warmen Vertreter gefunden; vergl. Landw. Centralbl., 1870, I, p. 400. — Fast immer wurde die Gewinnung der menschlichen Auswurfstoffe für die Landwirtschaft *als eine Art Pflicht* hingestellt, während die Vorteile einer solchen Gewinnung doch (abgesehen von deren gesundheitlichen Vorzügen) lediglich in der voraussichtlich größeren Billigkeit der Systeme liegen, bei welchen es möglich ist, einen Teil der Abfuhrkosten durch Verkauf der Auswurfstoffe zu decken. — Erst später begann eine naturgemäßere Auffassung mehr und mehr um sich zu greifen. Pettenkofer gestand, daß er früher den eindringlichen Mahnungen Liebigs gegenüber geglaubt habe, die heilige Pflicht zu haben, Systeme zu empfehlen, welche die landwirtschaftliche Ausbeute der menschlichen Exkremente ermöglichten, daß er nun aber die Voraussetzung als falsch befunden habe, daß die Landwirte große Anstrengungen machen würden, sich derselben zu bemächtigen, und daß er in seinen Vorschlägen nur noch von Gesundheits- und pekuniären Rücksichten sich leiten ließe; vergl. Pettenkofers Gutachten über Kanalisation der Stadt Frankfurt (Zeitschr. f. Biolog., 1870, p. 567). Erst später wurde dieser Standpunkt der herrschende.

In der That verhält sich aber die Sache wie folgt. Wenn der Landwirt an vielen Orten den menschlichen Dünger verloren giebt, d. h. also so geringe Summen für denselben bietet, daß der Stadtbewohner für diese Summen nicht zu der Unbequemlichkeit (die ja doch ein negatives wirtschaftliches Gut ist) sich entschließt, welche die Aufbewahrung der Exkremente für die Landwirtschaft unter vielen Umständen (man denke an die früher gemachten Angaben über Tonnensysteme) mit sich bringt, so tritt an einem solchen Ort Kanalisation oder sonst ein System ein, bei welchem jene Stoffe für die Landwirtschaft großenteils verloren gehen. An Orten dagegen, wo eine sehr intensive Kultur, z. B. Tabaksbau oder Gartenbau, herrscht oder wo Moorkulturen, bei welchen der Stalldünger schwierig zu verwerten ist, bestehen, wird auf der anderen Seite der menschliche Dünger von den Landwirten so hoch bezahlt, daß der Stadtbewohner mit Freuden die Unbequemlichkeit der Aufbewahrung auf sich nimmt; unter diesen Umständen kommen die menschlichen Exkremente der Landwirtschaft zu gute — einfach deshalb, weil die Düngung mit denselben rentabel ist*).

Selbstverständlich ist es dann ein wirtschaftlicher Mißgriff, wenn man Stoffen, die wie sehr verdünnte Exkremente allerdings ein gewisses Düngerkapital in sich bergen, aber in der Regel bei ihrem Transport auf den Acker eine weit größere Güterzerstörung verursachen, als sie neue Güter hervorzubringen fähig sind, wenn man solchen Stoffen um jeden Preis die Rückkehr auf die Felder, denen sie ursprünglich allerdings entnommen sind, ermöglichen will**).

Nach den vorangehenden Erläuterungen dieser und der vorigen Vorlesung, bei welchen wir aus dem Gebiet der Wirtschaftslehre unseren früheren naturwissenschaftlichen Betrachtungen dasjenige hinzugefügt haben, was wir zu einem vollständigen Ausbau der Düngerlehre bedürfen, erübrigt uns nur noch, die mögliche Anwendung der erlangten Ergebnisse in Bezug auf eine zweckmäßige und rentable Pflanzenernährung zu machen. Nach der Ablehnung der sogenannten Ersatzlehre müssen wir doch auch zu positiven Ergebnissen kommen.

Um nochmals deutlich zu machen, warum der sogenannte Bedarf einer bestimmten Kulturpflanze an Pflanzennährstoffen, gemessen durch die Menge, welche von diesen Stoffen in der zu erwartenden Ernte anwesend sein wird, nicht identisch sein kann mit dem wirklichen Bedarf, wie dieser sich in der Praxis ermitteln läßt, liegt gegenwärtig am meisten auf der Hand zu weisen auf die ganz eigentümliche Stellung, welche die schmetterlingsblütigen Gewächse in der Düngerlehre einnehmen, und welche, wie wir wissen, darauf beruht, daß diese Pflanzen durch Symbiose mit Wurzelbazillen darauf eingerichtet sind, den freien Stickstoff der Atmosphäre zu wertvollen Eiweißstoffen zu verarbeiten. So liefert eine reichliche Rotkleeernte (mit

*) Dies Verhalten ist z. B. deutlich nachgewiesen in der Umgegend von Mannheim vor und nach der bedeutenden Ausdehnung des Tabakbaues, desgleichen in Flandern und in den Groninger Moorkolonien.

**) Die klassischen Länder der Ersatztheorie, China und Japan, sind zu einer allgemeinen Anwendung der Fäkalien genötigt, einfach deshalb, weil der Grad der Bevölkerung dieser Länder und ganz besonders ihre naturwissenschaftliche Unwissenheit, die es unmöglich macht, Surrogate für die natürlichen Dungstoffe aufzufinden, zu der absoluten Erhaltung des in den Äckern vorhandenen Düngerkapitals drängt.

6000 kg Heu und 375 kg Samen pro Hektar) 130 kg Stickstoff, und nach der alten Ersatzlehre würde man also gezwungen sein anzunehmen, daß der Klee besonders dankbar für eine Stickstoffdüngung sein müßte. Dieses ist jedoch, wie wir wissen, nicht der Fall. Man braucht den Klee gar nicht mit Stickstoff zu düngen und kann trotzdem, wenn nur im übrigen die Ernährung sowie die anderen Vegetationsbedingungen günstige sind, auf maximale Erträge rechnen. Dasselbe gilt in geringerem oder stärkerem Grade von allen übrigen Schmetterlingsblütigen.

Aber auch abgesehen von diesem bei aller Wichtigkeit doch vereinzelt dastehenden Falle, fehlt es nicht an Beispielen, nach welchen Ertrag an bestimmten Bestandteilen und thatsächlicher Bedarf an denselben sehr stark voneinander abweichen. So liefert Tabak in einer Ernte von 3000 lufttrockenen Blättern pro ha 91 kg Kali; Zuckerrüben in einer Ernte von 30000 kg Rüben und 10000 kg Blättern das Doppelte, und dennoch ist keine dieser beiden Pflanzen in diesem Grade dankbar für eine Kalidüngung. Tabak enthält in dieser Ernte auch die enorme Masse von 188 kg Kalk, und ist noch weniger dankbar für eine Zuführung dieses Bestandteiles. Ebenso sind Hafer und noch in höherem Maße die Lupinen wenig dankbar für eine Phosphorsäuredüngung, trotzdem zumal die letzteren dem Boden eine große Menge dieses Bestandteiles entziehen, und die Beispiele dieser Art würden sehr leicht zu vermehren sein.

Die Gründe dieser Inkongruenz, welche also nicht nur für den Stickstoff, welchen die Luft unter bestimmten Umständen in ansehnlichen Mengen liefern kann, sondern in geringerem Grade auch für die Aschenbestandteile, welche nur aus dem Boden aufgenommen werden, gilt, sind sehr einfach. Alle Bodenarten, ausgenommen nur die neu abgegrabenen Hochmoorböden und vielleicht die unfruchtbarsten Heidesandböden, enthalten immer eine große Masse von allen möglichen Pflanzennährstoffen, zum größten Teile jedoch in einer ungelösten, mehr oder weniger schwer zugänglichen Form. Es hängt nun ganz und gar von der spezifischen Wurzelorganisation einer bestimmten Pflanze und von der Vegetationsdauer derselben ab, ob sie diesen großen Vorrat genügend auszunutzen vermag, oder ob durch direkte Düngung mit diesen bestimmten Bestandteilen nachgeholfen werden muß. Lupinen haben, wie aus eben Mitgeteiltem hervorgeht, eine fast unglaublich große Fähigkeit, die Phosphorsäure, welche z. B. für Roggen ganz unzugänglich ist, aus den Bodenbestandteilen frei zu machen, und dasselbe gilt in etwas geringerem Grade von den Zuckerrüben gegenüber dem Kali. So kombiniert sich also mit dem durch die Analyse der Ernten angedeuteten „Bedarf“ ein zweites Moment, welches man als „spezifische Wurzelorganisation“ bezeichnen könnte, und macht die Zahlen des erstgenannten für einen direkten Gebrauch bei dem Feststellen der richtigen Düngung unbrauchbar.

Eine Zeit lang war man zwar noch bestrebt, eben durch Feststellen der *Wurzelorganisation* bei verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen die alte Ersatzlehre in ihrer Anwendung auf die Praxis zu retten; aber abgesehen von der großen Schwierigkeit, feste Zahlen für die auflösende Kraft von Wurzeln aus dem Tiefgang und dem Habitus von diesen zu bekommen, folgt aus dem soeben Mitgeteilten, daß die genannte auflösende Kraft nicht nur spezifisch verschieden ist bei verschiedenen Pflanzen, und z. B. bei Hafer anders ist als bei Weizen, sondern daß diese spezifische

Verschiedenheit auch gilt mit Bezug auf verschiedene Nährstoffe, so daß z. B. Lupinen stark mit Kali gedüngt sein wollen und also diesen Stoff nicht leicht aus halb verwitterten Gesteinen herausziehen, während sie sich die Phosphorsäure aus ganz unaufgelöstem Zustande zu beschaffen im stande sind*). Dadurch nun wird die Sache so verwickelt, daß an eine theoretische Lösung dieser Frage vorläufig nicht zu denken ist.

Aber noch kommt ein weiteres Moment hinzu. Wir dürfen auch hier natürlich nicht aus dem Auge verlieren, daß die Düngung eine praktische Maßregel ist, welche neben ihrer technischen auch ihre ökonomische Seite hat, und gerade deshalb haben wir dieser ökonomischen Seite wiederholt und zuletzt in diesen beiden letzten Vorlesungen Gerechtigkeit widerfahren lassen. Nicht ein jeder Mehrertrag ist rentabel und namentlich gilt diese Einschränkung der praktischen Ausführbarkeit für sehr intensive Düngungen bei niedrigen Preisen der Produkte und in Bezug auf die verschiedenen düngenden Bestandteile für das teure Element, den Stickstoff. Diese Einschränkung gilt allerdings weit weniger von den Aschenbestandteilen, da diese einen im Verhältnisse zu deren in die Pflanze übergehende Mengen viel größeren Mehrertrag zu erzeugen pflegen, so daß ihr eigener Wert dagegen nicht viel in Betracht kommt. Setzen wir im ungünstigsten Falle voraus, daß es sich um die Produktion von Heu oder anderem billigen Viehfutter handelt, und daß die produzierten Stoffe nur teilweise von den Tieren aufgenommen, zu einem anderen Teile jedoch unter deren Füßen zertreten würden; selbst diese letzteren Aschenbestandteile behalten doch immer noch ihren Düngerwert, und was die anderen an organischen Stoffen haben produzieren helfen, ist reiner Gewinn.

Durch dieses ökonomische Moment nun wird die Düngerlehre in der That so kompliziert — und deshalb ist es neben dem schon Angeführten unnötig, noch auf andere bestehende Schwierigkeiten aufmerksam zu machen —, daß man ganz und gar davon absehen muß, die Düngungsregeln nach theoretisch feststehenden Daten zu konstruieren, und es ist für einen jeden, der über praktischen Blick verfügt, klar, daß die Düngungsregeln für die Praxis *vorläufig auf empirischem Wege* festgestellt werden müssen.

Die Aufgabe der Agrikulturchemie scheint bei diesem Sachverhalt sehr wesentlich reduziert zu sein. Kann man die zweckmäßige Düngung eines Kulturgewächses nicht aus der Analyse desselben berechnen oder von anderen feststehenden wissenschaftlichen Sätzen herleiten, so kann sie nur durch Düngungsversuche für jeden besonderen Fall gefunden werden, und dafür scheint wissenschaftliche Kenntnis beinahe ganz überflüssig. — Bei dieser Aburteilung vergißt man jedoch zwei Dinge. Erstens vermag die Wissenschaft — und hierauf haben wir schon früher hingedeutet

*) Solche Verschiedenheiten werden z. T. auch auf einen verschiedenen Gehalt an spezifischen Wurzelsäuren zurückzuführen sein, und wurde bei vorläufigen Versuchen in dieser Richtung an der meiner Leitung unterstellten Versuchsstation z. B. wahrgenommen, daß die feinsten Wurzelteile der Zuckerrüben sehr viel reicher an Oxalsäure sind als diese Teile bei den Lupinen, die im Gegenteile beinahe keine Oxalsäure enthalten. Offenbar aber ist Oxalsäure ein vorzügliches Mittel, um Kali aufzulösen, während sie wenig geeignet ist, Calciumphosphat in Lösung zu bringen. Dieser Gedanke wird z. Z. in Wageningen weiter experimentell verfolgt.

— durch ihre Kenntnis von der Zusammensetzung der Ernte, durch ihr Urteil über den Vorrat und die Löslichkeit der Pflanzennährstoffe im Boden, doch (mit einer gewissen größeren oder geringeren Wahrscheinlichkeit) anzudeuten, ob eine Zuführung von diesem oder jenem düngenden Bestandteile notwendig ist oder nicht, und also die verschiedenen Fälle, welche man sonst bei Düngungsversuchen zu beobachten hätte, *sehr bedeutend zu reduzieren,* während die reine Empirie alle möglichen Stoffe auf unserer Erde in allen möglichen Verhältnissen zu versuchen hätte, welches geradezu eine Arbeit ohne Ende wäre.

Aber auch in einer anderen Hinsicht vermag die Wissenschaft in dieser Frage nützlich zu sein; sie kann bei den notwendigen Versuchen nützliche Dienste erweisen, ich meine betreffs der streng *logischen Fragestellung,* in welcher Hinsicht der einfache nicht an systematische Versuche gewöhnte Praktikus fast regelmäßig fehlgeht und wenigstens des Rates des Agrikulturchemikers bedarf — sowohl für die Anfertigung des Planes als für die Deutung der Resultate. Man hat, wie wir früher gesehen*), die Düngungsversuche vielfach geschmäht, und es ist auch wirklich nicht zu leugnen, daß diese in der Regel, was Sicherheit und Allgemeinheit der Resultate betrifft, unter allen Versuchsarten besonders tief stehen. Demgegenüber wünsche ich an dieser Stelle nochmals hervorzuheben, daß man sie trotzdem bei dem heutigen Stande der Wissenschaft und in absehbarer Zukunft nicht entbehren kann, und daß beinahe alle landwirtschaftliche Erfahrung auf derselben in jedem einzelnen Falle unsicheren Basis ruht. Die nicht abzuleugnende Unsicherheit kann für uns höchstens die Folge haben, die so erzielten Erfahrungen durch Wiederholungen möglichst zu vervielfältigen und auf diesem Wege die unvermeidlichen Versuchs- und Wahrnehmungsfehler endlich auszuscheiden. *Düngungsversuche* sind also bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft *notwendig* und gerade der geringen Sicherheit der Resultate wegen in jedem einzelnen Falle in *großer Zahl* erwünscht.

Und zwar muß jede landwirtschaftliche Kulturpflanze für sich auf ihre Anforderungen an Pflanzennährstoffen untersucht werden, und ferner sind die Versuche in der Weise einzurichten, daß man für jeden Pflanzennährstoff, von welchem man nur voraussetzen kann, daß er unter natürlichen Umständen auf diese Weise ins Minimum kommen kann, also in der Regel für Stickstoff, Phosphorsäure, Kali und in manchen Fällen auch Kalk, einzeln feststellt, welches die Grenze ist des Mehrertrages, während die andren Bestandteile vorläufig in jedenfalls genügender Menge gegeben werden.

Das ist, wie man sieht, ein großes Programm, dessen Ausführung bis jetzt nur zu einem sehr kleinen Teile erfolgt ist. Wie unreif die ganze Sache noch ist, folgt aus nichts deutlicher als aus den verschiedenen Mengen an Pflanzennährstoffen, welche von verschiedenen Agrikulturchemikern von Namen für eine und dieselbe Pflanze noch vor kurzem anempfohlen wurden oder noch werden.

Für Kartoffeln zu geben pro ha:

z. B.	Stickstoff.	Phosphorsäure.	Kali.
nach Wagner	20—30 kg	30— 50 kg	—
„ Märcker	60—90 „	20— 40 „	50—75 kg

*) Die 14. Vorlesung.

Für Kartoffeln zu geben pro ha:

z. B.	Stickstoff.	Phosphorsäure.	Kali.
nach George Ville	40 kg	60 kg	130 kg
„ der Royal Agricultural Society	20—50 „	90—110 „	30—40 „.

Wie man aus diesen Zahlen ersehen kann, sind kaum größere Abweichungen denkbar, und dieses Beispiel ist nicht das einzige; beinahe für jede landwirtschaftliche Kulturpflanze wiederholen sich diese Abweichungen, welche die Folge sind von doktrinärer Anwendung von unsicheren Lehrsätzen bei mangelhafter Erfahrung. Gerade weil man zu viel von der Theorie erwartete, hat man vielfach versäumt, zeitig Hand anzulegen und Erfahrungen zu sammeln, welche zu der Bildung eines guten Urteils in dieser wichtigen Sache erforderlich sind.

Mir scheint es, will der Agrikulturchemiker nicht herabsinken zu einem bloßen Analysenmacher und in der nächsten Zukunft seine Stellung bewahren im Rate der Landwirtschaft, entschieden nötig, diese Kardinalfrage der praktischen Düngerlehre nach dem Vorgange von M. Märcker systematisch zu organisieren und die große Aufgabe über die verschiedenen Versuchsstationen (am liebsten international) zu verteilen. Jede Versuchsstation nehme es auf sich, für wenigstens eine Kulturpflanze den thatsächlichen Bedarf nach jedem einzelnen Pflanzennährstoffe durch wiederholte und vielfach variierte Versuche festzustellen. Daß wir es hier mit keinem unausführbaren Unternehmen zu thun haben, beweist die Thatsache, daß man sich über diejenigen Pflanzen, womit man die meisten Versuche gemacht hat, schon in dieser Beziehung ein Urteil gebildet hat, welches ziemlich unabhängig ist von individuellen Ansichten. Ich nenne als solche die Zuckerrüben, über welche man im Interesse einer sehr wichtigen Industrie schon sehr viele Untersuchungen angestellt hat, und hinsichtlich welcher kein Agrikulturchemiker anders raten wird, als daß man ihnen ziemlich viel Stickstoff, noch mehr Phosphorsäure, dagegen, außer da wo sie häufig auf demselben Lande zurückkehren, im Verhältnis zu ihrem Gehalte (aber darum noch nicht absolut) wenig Kali geben soll. Ich nenne ferner das Grasland, in Hinsicht auf welches klar ist, daß man viel Kali, weniger Phosphorsäure und noch weniger Stickstoff geben soll. Endlich nenne ich die Lupinen oder Serradella, welche fast ausschließlich mit Kali gedüngt sein wollen.

Man wähle für die Versuche am liebsten einen erschöpften oder von Natur wenig fruchtbaren Boden, gebe die übrigen Nährstoffe in reichlicher Menge und variiere auf verschiedenen Parzellen den Pflanzennährstoff, mit Bezug auf welchen man das praktische Bedürfnis festzustellen wünscht.

Wieviel man dann bei der Anwendung solcher praktisch ermittelten Düngungsregeln von der auf diese Weise festgestellten normalen Düngung weglassen kann auf von Natur mehr fruchtbaren Böden und solchen von alter Dungkraft, muß dann später, soweit sich dieses durch einfache Kalkulationen nicht ermitteln läßt, durch besondere Versuche gefunden werden.

Solche Düngungsversuche sind also zunächst für die eigene Instruktion der Sachverständigen an den Versuchsstationen. Sobald man auf diesem Wege zu Düngungsweisen gekommen ist, welche vorteilhaft zu sein scheinen und abweichen von demjenigen, was in der Umgegend durch die Praxis geschieht, wird der Versuch

auf die schon früher besprochenen, in großem Maßstabe anzulegenden (als eine Art von Reklame wirkenden) Demonstrationsfelder übertragen.

Zum Schlusse gebe ich eine kleine Liste von (aus eigenen und Erfahrungen von andern) kombinierten Düngungszahlen, wie ich sie in den letzten Jahren für meine eigenen Gutachten gebrauchte, in der Weise ausgedrückt, daß die Einheit 15 kg*) des betreffenden Pflanzennährstoffr bedeutet, außer beim Kalke, wo es sich nur um Verhältniszahlen handelt:

	Stickstoff.	Phosphorsäure.	Kali.	Kalk**).
Roggen	3	4	6	2
Weizen	3	5	5	2
Gerste	2 1/2	5	7	4
Braugerste	1 1/2	6	7	2
Hafer	4	3	4	3
Buchweizen	2	3	3	3
Grünmais	7	3	9	2
Runkelrüben	6	5	10	4
Klee	0	4	5	10
Luzerne	0	5	6	10
Serradella	0	3	8	8
Lupinen	0	1	5	3
Wiesen	1 1/2	4	7	3
Kartoffeln	4	4	6	2
Zuckerrüben	4	6	8	10
Reps	5	5	6	6
Tabak	8	6	8	5
Flachs	2	3	5	3
Reben	2	5	7	6
Erbsen	1/2	4	4	5
Pferdebohnen	1	4	10	5.

Ich bin mir wohl bewußt, daß, indem ich diese Zahlen***) aus der Hand gebe, ich mich einer scharfen und in mancher Hinsicht vielleicht nicht unverdienten Kritik aussetze, und zweifellos werden einige derselben, wenn sie nicht ganz in Vergessen-

*) Diese Einheit wurde gewählt, da ungefähr 15 kg den Gehalt vieler sehr gebräuchlichen Düngemittel an dem Pflanzennährstoff, welcher ihren Wert ausmacht, enthalten (Chilisalpeter, Kainit, viele Superphosphate, Thomasphosphat, welches letztere aber aus früher erwähnten Gründen in größerer Menge zu verwenden ist) und so die Einheit zugleich einen Meterzentner oder gewöhnlich einen Sack des Düngemittels auf den Hektar bedeutet.

**) Von Bedeutung für den weiteren Ausbau solcher Tabellen in Bezug auf die Kalkdüngung sind namentlich die Versuche von Wheeler (Rhode-Island, Nord-Amerika), wonach manche Pflanzen geradezu kalkfeindlich sind, d. h. sauer reagierenden Boden vorziehen.

***) Auch für andere Wachstumsfaktoren (z. B. den Gebrauch an Wasser) bin ich gewohnt, das mir Bekannte in dieser Weise durch Verhältniszahlen auszudrücken und tabellarisch zu ordnen.

heit geraten sollten, in späteren Zeiten herausgegriffen werden als ein Beweis dafür, wie wenig man noch zu dem Zeitpunkt, da ich dieselben mitteile, über das wahre Düngebedürfnis mancher Kulturpflanzen gewußt habe. Ich gebe sie dennoch, einmal weil jeder praktische Agrikulturchemiker solche Zahlen nötig hat, und weil selbst die noch sehr ungenauen besser sind als das noch vagere Bild, was man auch bei langjähriger Erfahrung über die Ansprüche der verschiedenen Gewächse im Kopfe zu haben pflegt, und dann andererseits, weil solche einmal niedergeschriebenen arithmetischen Größen als eine Grundlage dienen können für eine notwendige Kritik. Durch neue Versuche werden dann die Zahlen in der einen oder der anderen Richtung korrigiert werden können und so wird langsam aber sicher eine feste empirische Grundlage entstehen für die Düngung, auf welche die verschiedenen ökonomischen Umstände einer bestimmten Gegend nur insofern einen Einfluß haben werden, als man bei hohen Preisen der Produkte die Zahlen, namentlich der billigeren Pflanzennährstoffe, entsprechend steigern, bei niederen Preisen jener (nach den früher entwickelten Grundsätzen der extensiven Landwirtschaft) an den teuren Pflanzennährstoffen sparen wird.

Die alte, in ihren ehemaligen Prätensionen durch uns bekämpfte Ersatzlehre hat heute nur noch eine Aufgabe, die in zweiter Linie steht und welche aus folgendem deutlich werden dürfte. Die eben mitgeteilten Zahlen sind solche, die einen nur verschwindenden Zuschuß*) aus dem Boden selber voraussetzen. In der Praxis hat man es aber meist mit mehr oder minder Nährstoffe enthaltenden Böden zu thun, da ist also ein Zuschuß. Dieser Zuschuß muß abgeschätzt und von der zu gebenden Düngung in Abrechnung gebracht werden. Zu dieser Abschätzung nun kann eine Methode dienen, welche als direkter Maßstab für die zu gebende Düngung von uns bestritten worden ist, ich meine eine Art von Buchhaltung über Entnahme und Ersatz in den vorausgehenden Jahren. Sie muß aber auch hier nicht allzu siegesgewiß fußend auf solchen ziffermäßigen Belegen vorgehen**), sondern sich bescheiden, einen Beitrag zu liefern, neben welchem auch die Beurteilung der geognostischen Verhältnisse des Bodens und namentlich die Beobachtung von Erscheinungen an der Vegetation von Kulturpflanzen und Unkräutern, aus welchen auf Überfluß oder Mangel an einzelnen Bestandteilen geschlossen werden darf, ihr gutes Recht haben. Man darf vor allem nicht außer acht lassen, daß die Entnahme praktisch ja nur aus Durchschnittsanalysen und also für den Einzelfall wenig genau festgestellt werden kann, und daß von dem Gegebenen manches durch Auswaschung und chemische Umwandlung in unlösliche Verbindungen verloren geht. Wer diesen

*) Im strengen Sinne des Worts ist allerdings ein solcher Zuschuß in allen Fällen da. Dies folgt schon aus der Thatsache, daß in vielen Fällen das vorgeschlagene Düngerquantum kleiner ist als das, welches die Ernte selbst repräsentiert. Gemeint ist natürlich so wenig Zuschuß, als auf einem „abgetragenen Felde“ im landwirtschaftlichen Sinne noch vorhanden ist.

**) So fand z. B. Tacke für Moorböden, welche bekanntlich aus ihrem eigenen Bestande in der Regel wenig Zuschuß liefern, daß man für die Berechnung der Entnahme mit Hülfe der Wolffschen Tabellen, die durch diese gelieferten Zahlen mit 1/3 oder 1/4 erhöhen müsse, da gutgenährte Pflanzen namentlich in den absterbenden vegetabilischen Teilen mehr zu enthalten pflegen (Jahrb. der deutsch. Landw.-Gesellsch., 1900, p. 212).

Wink versäumt, läuft Gefahr, sich in seinen Büchern reich zu rechnen, in Wahrheit sich aber arm zu wirtschaften.

Zum Glück ist die Praxis einfacher als die Doktrin. Die Aschenbestandteile sind, dank der hohen technischen Entwickelung der Düngerfabrikation, samt und sonders wohlfeil, und man kann außerdem von manchen ungestraft einen gewissen Überschuß im Boden anhäufen, ohne mehr als Zinsverlust befürchten zu müssen, und auf diese Weise hohe Ernten sicher stellen, und was den Stickstoff anlangt, so haben wir, dank den modernen Errungenschaften unserer Wissenschaft, ein Mittel kennen gelernt, sich denselben billig zu verschaffen. Die Düngerlehre, diese hauptsächliche Frucht der agrikulturchemischen Forschung, ist somit geeignet, dem praktischen Betriebe und somit der gesamten menschlichen Gesellschaft reichlich die Opfer zu vergüten, welche diese für die Entwicklung jener in der Form von Stiftung von Heimstätten der agrikulturchemischen Forschung übrig gehabt hat. Mit diesem nicht glänzenden aber befriedigenden Ergebnisse schließen wir den zweiten Teil dieser Vorlesungen.







C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

